



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

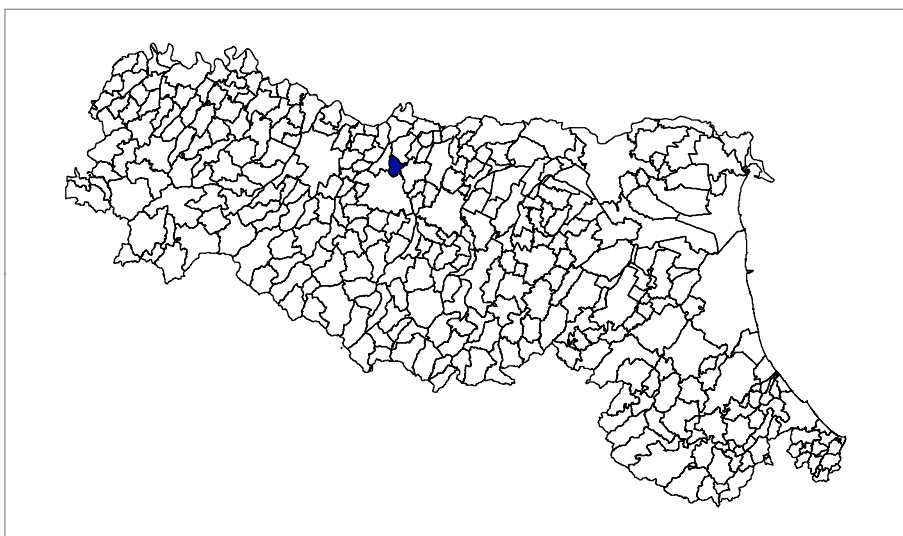
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia–Romagna
Comune di Bagnolo in Piano



Regione Emilia Romagna <i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 978/2023 DGR ER 1936/2023 ed il coordinamento del Settore Difesa del Territorio – Area Geologia, suoli e sismica della Regione Emilia Romagna</i>	Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO <i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti <i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli Camilla Mazzetti	Amministrazione comunale <i>Sindaco:</i> Pietro Cortenova <i>Responsabile Ufficio di Piano – Unione Terra di Mezzo:</i> Maria Teresa Capuano	
		Data Gennaio 2026	

Provincia di Reggio Emilia

Unione Terra di Mezzo

Comune di Bagnolo in Piano

MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	4
3.1	Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....	21
4	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	22
4.1	Caratteri sismotettonici.....	31
4.2	Attività tettonica.....	33
4.3	Subsidenza.....	38
4.4	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	39
4.4.1	Sub Sistema AES8a/8.....	40
4.4.2	Sub Sintema AES7.....	40
4.4.3	Sub Sintema AES3.....	40
4.4.4	Sub Sintema AES.....	41
4.4.5	Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI.....	42
4.4.6	Sintema Quaternario Marino Superiore.....	43
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	44
5.1.1	Caratteri Geomorfologici.....	44
5.2	IDROGEOLOGIA.....	47
5.2.1	Idrografia di superficie.....	47
5.3	Pericolosità Idraulica - PGRA.....	50
5.4	Reticolo idrografico naturale principale e secondario.....	50
5.5	Reticolo secondario artificiale di pianura.....	50
5.6	Ambiente Idrico Sottterraneo.....	52
5.7	Definizione del sistema idrogeologico.....	53
5.8	Interfaccia Acque Dolci – Acque Salmastre/Salate.....	53
5.9	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	53
5.9.1	Serie Idrogeologica Locale.....	54
5.9.2	Conducibilità idraulica acquiferi.....	58
5.10	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	58
5.10.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	59
5.10.2	Isopieze dell'acquifero freatico.....	59
5.10.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	61
5.10.4	Identificazione temporale del sistema idrogeologico freatico.....	61
5.11	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	62
6	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	63
6.1	Carta geologico tecnica.....	63
6.2	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	64
6.3	CEDIMENTI STATICI E CEDIMENTI INDOTTI DALL'AZIONE SISMICA.....	68
7	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	68
7.1	Interpretazione e Metodologia di Elaborazione dei Risultati – Incertezze.....	69
7.2	Microtremori con la tecnica HVSr.....	69
7.3	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi/MASW.....	70
8	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	72
8.1	Carta delle indagini.....	72
8.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	73
8.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	74
8.4	Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	76
8.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	76
9	SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	87
9.1	Carta delle velocità delle onde di taglio (V_{s30}).....	87
9.2	Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	87
9.3	Definizione degli input sismici.....	88
9.4	Calcolo degli effetti di sito.....	90
9.5	Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche.....	91
9.6	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica DGR 476/564-2021.....	97
9.7	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale F_a PGA.....	100
9.8	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	100
9.9	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH $0.1 < T < 0.5$ sec.....	101
9.10	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH $0.5 < T < 1.0$ sec.....	102
9.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH $0.5 < T < 1.5$ sec.....	102
9.12	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA $0.1 < T < 0.5$ sec.....	103
9.13	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA $0.4 < T < 0.8$ sec.....	104

9.14	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.7<T<1.1 sec.....	104
9.15	Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.5<T<1.5 sec.....	105
9.16	LIVELLO DI PERICOLOSITA' SISMICA HSM.....	106
9.17	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo HSM: 0.1<T<0.5 sec.....	106
10	TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	107
10.1	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: 0.4<T<0.8 sec.....	107
10.2	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: 0.7<T<1.1 sec.....	107
10.3	Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: 0.5<T<1.5 sec.....	108
11	RISENTIMENTO SISMICO – PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO TIPOLOGIE DI FABBRICATI.....	109
12	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	110

ELABORATI CARTOGRAFICI

Tav. 1.1.1-1.1.3	Carta delle indagini	1:5.000
Tav. 1.2	Carta geologico tecnica	1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche Ovest - Est	1:100.000 1:2.000
Tav. 1.2.2	Sezioni geologiche Sud - Nord	1:100.000 1:2.000
Tav. 1.3	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.4	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.5	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 1.6	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.7	Carta delle isopieze della falda	1:10.000
Tav. 1.8	Carta della soggiacenza della falda	1:10.000
Tav. 2.1.1-2.1.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA PGA	1:5.000
Tav. 2.2.1-2.2.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,1 – 0,5 sec	1:5.000
Tav. 2.3.1-2.3.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,5 – 1,0 sec	1:5.000
Tav. 2.4.1-2.4.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,5 – 1,5 sec	1:5.000
Tav. 2.5.1-2.5.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,1 – 0,5 sec	1:5.000
Tav. 2.6.1-2.6.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,4 – 0,8 sec	1:5.000
Tav. 2.7.1-2.7.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,7 – 1,1 sec	1:5.000
Tav. 2.8.1-2.8.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,5 – 1,5 sec	1:5.000
Tav. 2.9.1-2.9.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - HSM	1:5.000
Tav. 2.10.1-2.10.3	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,4 – 0,8 sec	1:5.000
Tav. 2.11.1-2.11.3	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,7 – 1,1 sec	1:5.000
Tav. 2.12.1-2.12.3	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,5 – 1,5 sec	1:5.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche

Schede verifiche di suscettività alla liquefazione

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 Bagnolo in Piano (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'OCDPC 978/2023, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n° 1936/2023, "Approvazione dei Criteri per l'Attribuzione Contributi per la realizzazione e presentazione degli elaborati relativi a studi di Microzonazione Sismica e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.

Le sopra indicate analisi sono inoltre state sviluppate in riferimento a:

-D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000

-N.A. Piano stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, DGR 1300/2016 Prime Disposizioni Regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'Art. 58 elaborato n° 7 (Norme di Attuazione) del progetto di variante al PAI e al PAI Delta adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del fiume PO con Deliberazione n°5/2015,

- ADBPO Variante 2025 Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione Deliberazioni 10/11 del 18/12/25.

-NA PTCP Reggio Emilia.

D.M. 17/01/2018 e relative NTC

-DGR 564/2021: Integrazione della propria deliberazione n. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato A, "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)". BURERT, n. 137 del 12 maggio 2021, parte seconda n. 113.

-Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento Protezione Civile 2008, Parte III

Lo studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito su incarico dell'**Unione Terra di Mezzo - Ufficio di Piano**, Responsabile Maria Teresa Capuano. Incarico affidato con Determina n° 586 del 16/12/2024.

La Microzonazione Sismica e Condizione Limite per l'Emergenza è stata effettuata in coordinamento con il *Settore Difesa del Territorio – Area Geologia, suoli e Sismica della Regione Emilia-Romagna*.

Le valutazioni di fattibilità per le scelte d'uso urbanistiche sono state svolte in riferimento alle condizioni geologico strutturali e di risentimento sismico, delle tipologie dei

processi morfogenetici, delle caratteristiche del reticolo idrografico dell'estensione degli ambiti territoriali sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo.

L'analisi della pericolosità sismica dell'area comunale di Bagnolo in Piano è stata sviluppata mediante la realizzazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di 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 sopracitate DGR 1936/2023, DGR 564/2021.

Detti elaborati, propedeutici all'elaborazione del PUG, rappresentano uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità relativa geologico tecnica, sismica e idraulica del territorio esaminato.

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

Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini direttamente effettuati che hanno integrato ed approfondito quelli precedentemente eseguiti nel contesto dello studio di Microzonazione Sismica di II° livello 2013/2015, da numerose indagini geognostiche in precedenza eseguite corredo del PSC 2008, da AA.VV. nel periodo 2016/2024 che hanno consentito valutazioni di maggior dettaglio per la discretizzazione delle aree a caratteristiche/condizioni geologico tecniche/sismiche equivalenti, delle analisi del P.T.C.P. di Reggio Emilia visualizzate negli elaborati cartografici di riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav. P9a: 183 SE – 183 NE).

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, 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 *Ufficio di Piano - Terra di Mezzo, Ing. Maria Teresa Capuano, Reggio Emilia e Area Lavori Pubblici Geom. Roberto Ramolini, del Comune di Bagnolo in Piano, Reggio Emilia.*

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

Le elaborazioni GIS sono state eseguite da Dr. Stefano Gilli.

2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il Comune di Bagnolo in Piano ricade nel settore orientale meridionale e sud occidentale delle tavolette:

- CADELBOSCO DI SOPRA III NE
- CORREGGIO II NW

appartenenti al Foglio REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M., zona 32 T, quadrato PQ.

Relativamente alle basi CTR. ER 1: 10.000 è compreso nelle sezioni:

- 201013 Bagnolo In Piano (SE)
- 200042 Le Rotte (SW)
- 200041 Argine (NW)

- 201014 Pieve Rossa (NE)
- 201011 Fosdondo (E)

Il territorio comunale, con forma sub trapezoidale, allungato in direzione sud nord, si estende su una superficie di 26,94 kmq ed è delimitato, in riferimento al sistema WGS 84

dai meridiani 637100 (O) – 630500 (E)
e dai paralleli 4956500 (S) – 4964300 (N)

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra circa 33 N e 22 Sm s.l.m. procedendo in senso sud nord e le pendenze, ad eccezione dei rilevati arginali, oscillano in media tra:

$$p = 1,4 \div 2,0 \text{ ‰}$$

I medi minimi caratterizzano il settore di territorio a occidente della SP 3 circa da via Canalazzo al confine comunale nord con Novellara ed equivalgono a:

$$p = 0,6 \div 0,8 \text{ ‰}$$

I medi massimi contraddistinguono la fascia sud – nord che asseconda la SP 3, alla quale appartengono il capoluogo ed i principali nuclei abitati ed aree produttive Pieve Rossa, San Tommaso della Fossa, S. Maria della Fossa, equivalenti valori caratterizzano il settore orientale di San Michele della Fossa, e corrispondono a:

$$p = 3,0 \div 4,0 \text{ ‰}$$

La carta delle curve di livello del piano campagna evidenzia un assetto pianeggiante movimentato da ondulazioni ad ampio raggio che caratterizzano il territorio con un dosso topografico principale esteso in senso sud nord, secondo l'asse mediano dell'area comunale SP 3, al quale appartengono il capoluogo ed i principali nuclei abitati.

Un'analoga struttura morfologica di importanza sovracomunale è rappresentata dal dosso arcuato nella zona orientale – nord orientale prossima al confine comunale, che si estende da Fosdondo a San Michele della Fossa – Strada San Giovanni, dapprima in direttrice ovest est e successivamente a San Michele assume orientamento sud – nord, estendendosi verso Santa Maria della Fossa.

Altri aspetti tipici sono rappresentati da ampie aree depresse rispetto ai settori circostanti attribuibili ad ambiti vallivi planiziali. Quelli più significativi costituiscono la fascia occidentale del territorio comunale nell'area tra il Torrente Tassone e la SP 3 delimitata a sud da via Canalazzo e a nord dalla SP 68 Ponte Della Forca coincidente con il confine comunale settentrionale.

Le sopra descritte condizioni trovano riscontro negli elaborati cartografici precedenti al 1900: *Carta del Ducato di Modena G. Carandini 1821/1828 – IGM F° Impianto 1884*, che nella fascia di territorio ad occidente della SP 3 evidenziano ambienti vallivi di pianura.

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

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

Nell'ambito territoriale a cui appartiene l'area comunale di Bagnolo in Piano (RE) e zone ad essa adiacenti, il *Database Macrosismico DBMI15* versione 4.0 utilizzato per la compilazione del *Catalogo Parametrico CPTI15* (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>)) versione 4.0, documenta eventi sismici giungenti al 7°-8° grado della Scala *Mercalli – Cancani – Sieberg*, con magnitudo stimata variabile tra Mw=4,8÷5,51, Correggio – Novellara – Bagnolo in Piano – Campegine – Castelnovo di Sotto, e registrata con Mw=5,38 (San Tommaso della Fossa), Mw=5,9 Mirandola – Finale Emilia, Mw=6,1 sud est San Martino in Spino MO, Mw > 5,5 Rubiera.

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

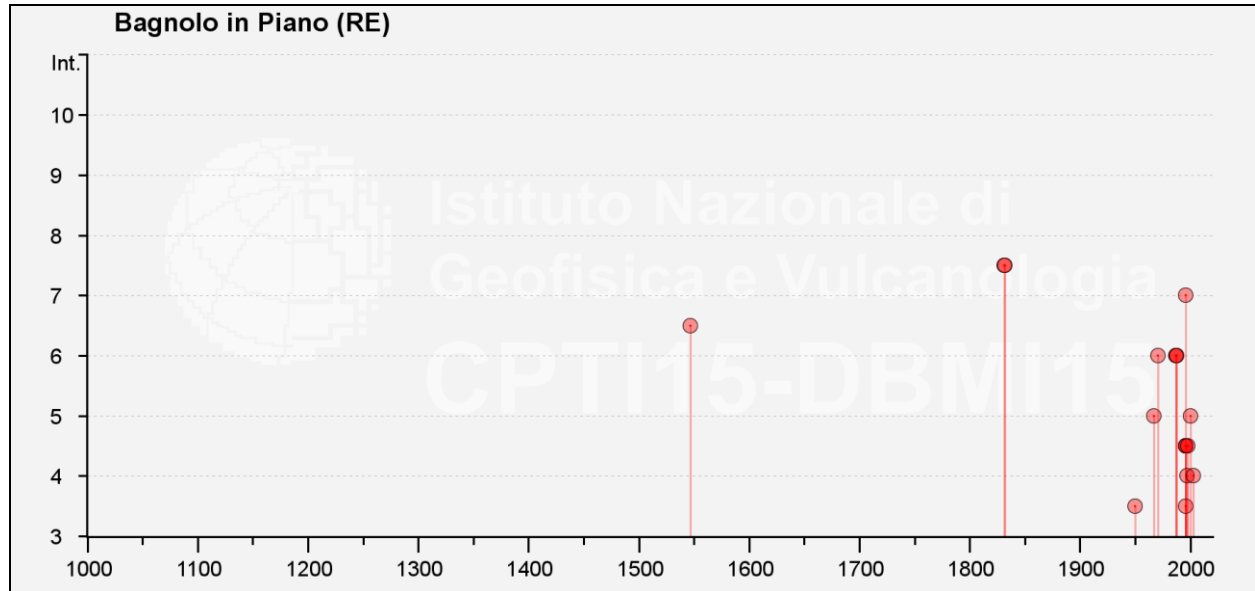
Storia sismica di Bagnolo in Piano

Numero di eventi: 24

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6-7	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1971 07 15 01 33 23	Parmense	228	8	5.51
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5	1967 04 03 16 36 18	Reggiano	45	5	4.44
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4-5	1996 10 26 04 56 0	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1998 02 21 02 21 0	Pianura emiliana	104	5	3.93
4	1997 05 12 22 13 0	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
3-4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
3-4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2-3	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
2	2002 06 18 22 23 0	Frignano	186	4	4.30
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	2002 06 08 20 13 7	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21

Dove: Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Int = Intensità sismica percepita

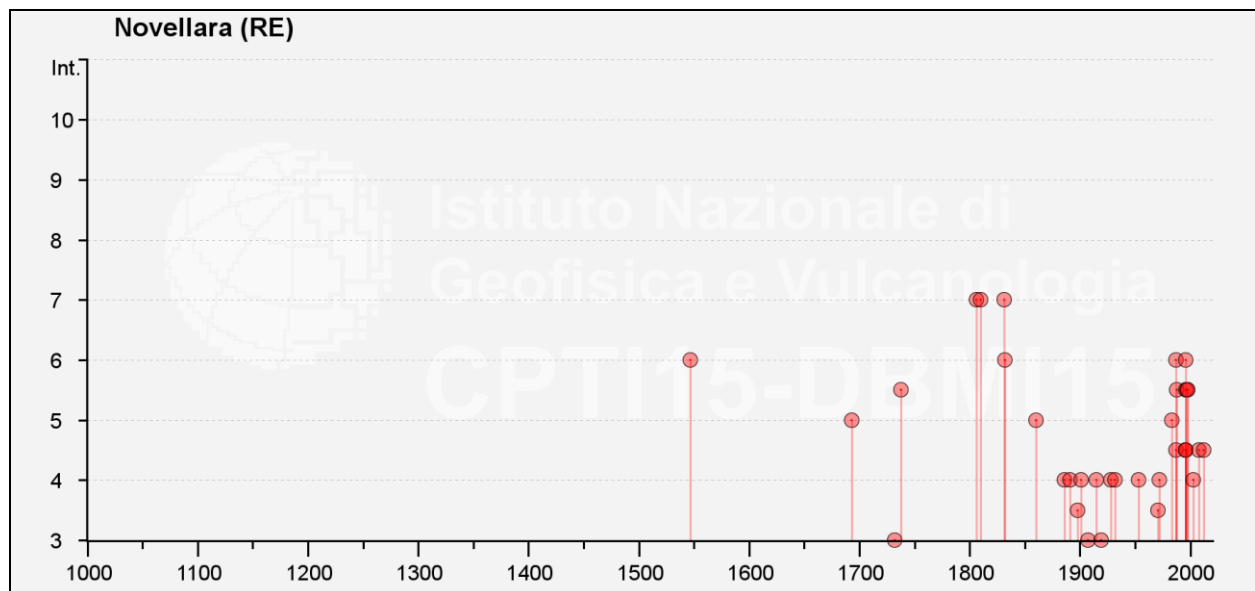


Storia sismica di Novellara
Numero di eventi: 43

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
6	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10
5-6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5-6	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
5-6	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7	5.23
5	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4-5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98
4	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
4	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4.73
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
F	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3-4	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
3	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30

Dove: Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Int = Intensità sismica percepita

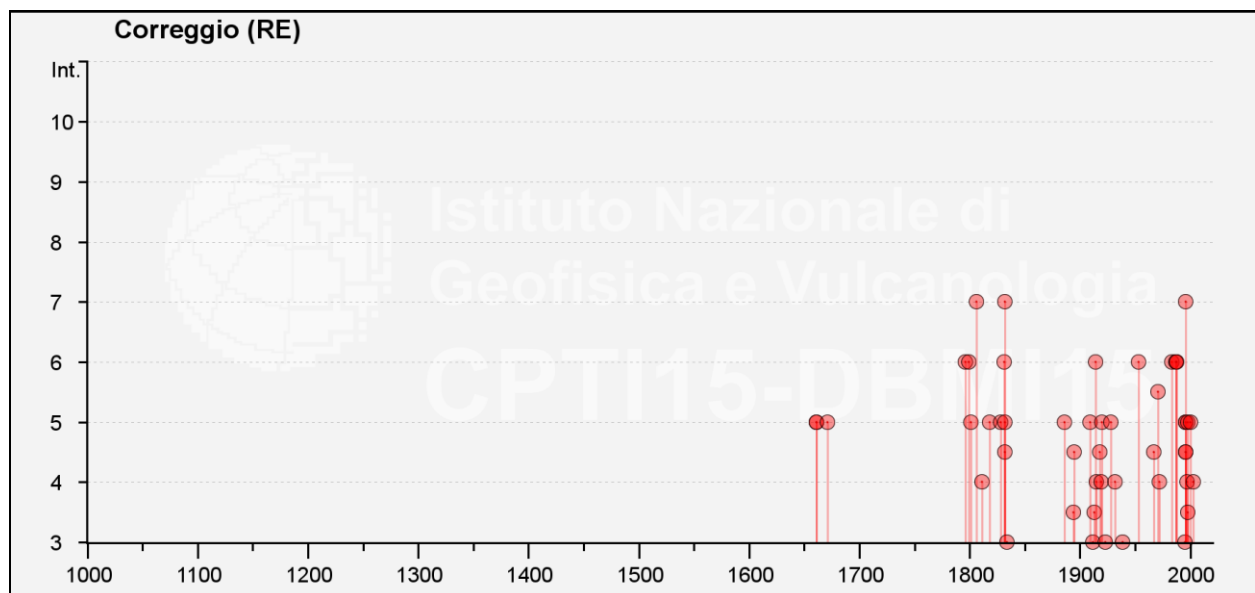


Storia sismica di Correggio
Numero di eventi: 65

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1661 03 21 23	Modenese	4	6-7	4.86
5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05
5	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
6	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
6	1799 02 22 05 45	Correggio	2	5	4.16
5	1801 10 08 07 52 5	Bolognese	6	6	4.90
F	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
5	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
F	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
6	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
5	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
4-5	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
F	1832 03 12 08 45	Reggiano	7		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
F	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
F	1832 04 19 14 14	Reggiano	5		
F	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
F	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
3	1834 10 04 19	Bolognese	12	6	4.71
F	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1912 09 12 21 15	Carpi	13	4	3.76
3-4	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4-5	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
4	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
3	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
5	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
6	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4.73
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
5-6	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36

Dove: Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Int = Intensità sismica percepita



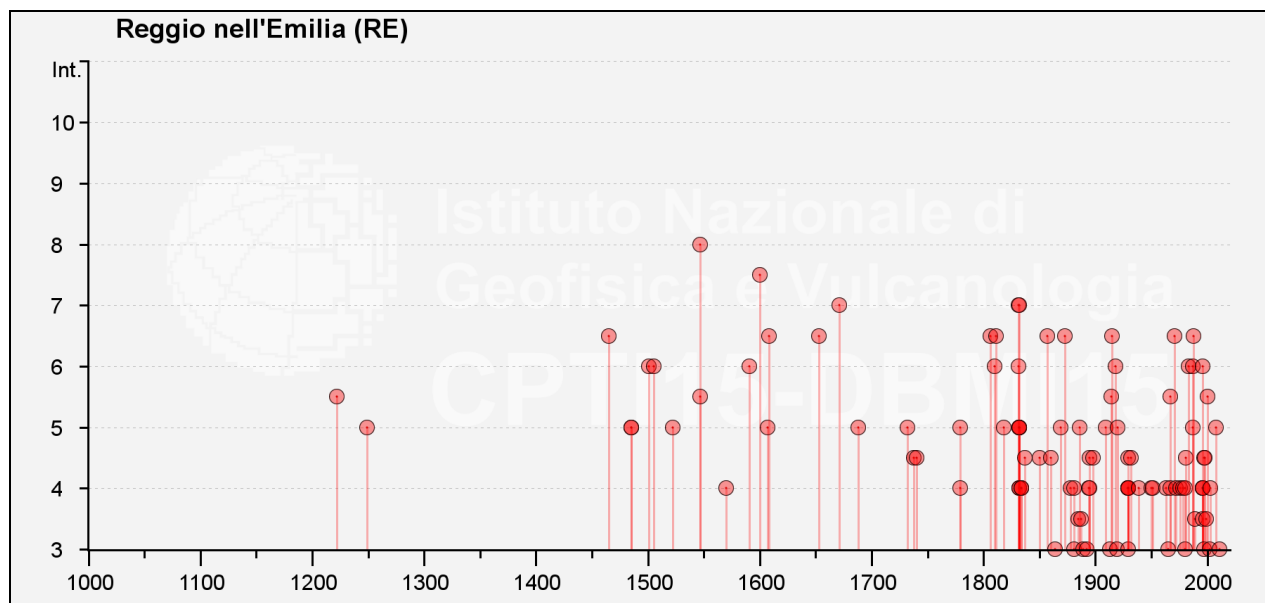
Storia sismica di Reggio Emilia
Numero di eventi: 126

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
5	1249 09	Modena	2	6-7	4.86
F	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63
6-7	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5	5-6	4.40
5	1485	Reggio nell'Emilia	1	5	4.16
5	1485 09 01	Pianura padano-veneta	4	5	4.16
6	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
6	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5.62
5	1522 10 05 00 10	Pianura Padana	6	5	4.71
8	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
5-6	1547 03 24	Reggiano	1	5-6	4.40
4	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
6	1591 05 24	Reggio nell'Emilia	1	6	4.63
7-8	1600 10 28	Reggio nell'Emilia	1	7-8	5.33
5	1607 12 31	Reggio nell'Emilia	1	5	4.16
6-7	1608 01 06 22 20	Reggio nell'Emilia	2	5-6	4.40
F	1624 03 19	Argenta	18	7-8	5.43
6-7	1653 04 19 04 15	Reggiano	4	5-6	4.40
7	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84
F	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.40
5	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
4-5	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10
4-5	1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8	5.64
5	1779 07 14 19 30	Bolognese	17		
4	1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5	4.70
F	1779 12 24 17	Appennino pistoiese	9	5-6	4.59
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
6-7	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
6	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
4	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
4	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
5	1832 03 12 08 45	Reggiano	7		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5	1832 03 14 04 40	Reggiano	5		
5	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
5	1832 04 19 14 14	Reggiano	5		
4	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
4	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
F	1843 10 25 03 30	Mugello	17	6-7	5.03
F	1845 09 14 22 20	Appennino tosco-emiliano	9	5	4.73
4-5	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
6-7	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
4-5	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
3	1864 03 15	Zocca	13	6-7	4.84
5	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
F	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61
6-7	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
2-3	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
2	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
4	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84
4	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22
3	1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5	4.59
2	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	21	6	4.77
3-4	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
3-4	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
3	1892 05 17 03 08 1	Carpinetti	28	5	4.28
4	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	401	8	5.50
F	1895 08 07 19 49 3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
4-5	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
F	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
F	1904 02 25 18 47 5	Reggiano	62	6	4.81
F	1904 06 10 11 15 2	Frignano	101	6	4.82
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5-6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6-7	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
F	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
6	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
2-3	1928 08 03 23 09	Lunigiana	21	5	4.26
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4-5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
4	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
4-5	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1940 01 24 23 32 1	Appennino emiliano	6		
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16
3	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
5-6	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
2-3	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
4	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
4-5	1981 05 26 09 27 5	Reggiano	6	5	3.75
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2-3	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6-7	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
2-3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3-4	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5	4.67
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79

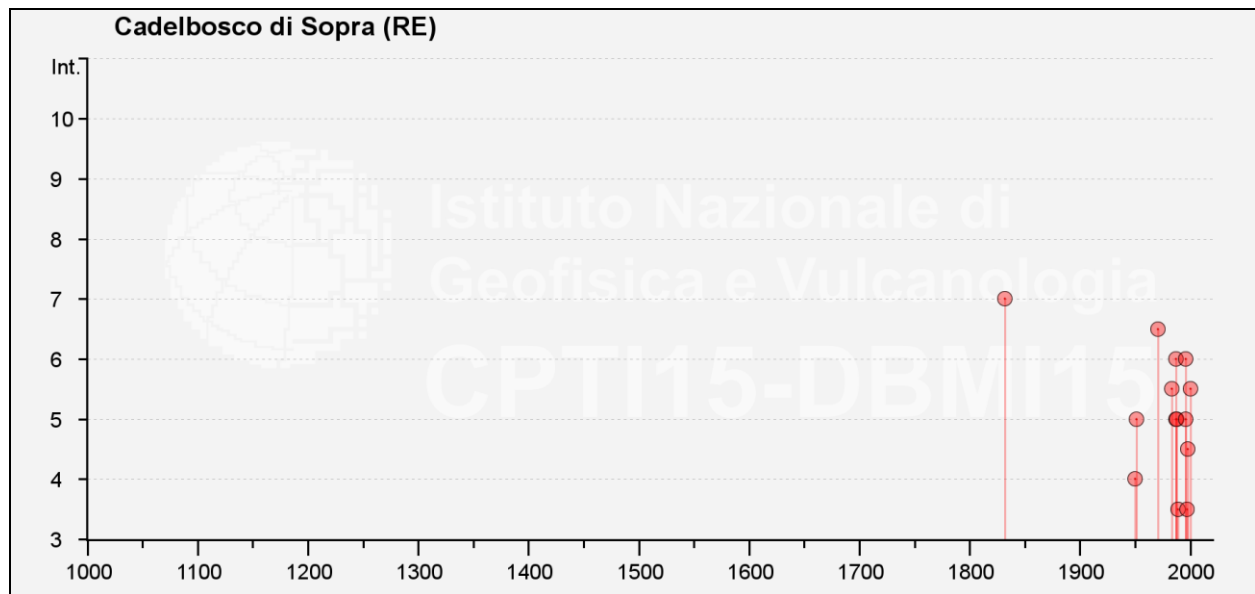
Dove: Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Int = Intensità sismica percepita



Storia sismica di Cadelbosco di Sopra
Numero di eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
1-2	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3-4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30

Dove: Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Int = Intensità sismica percepita

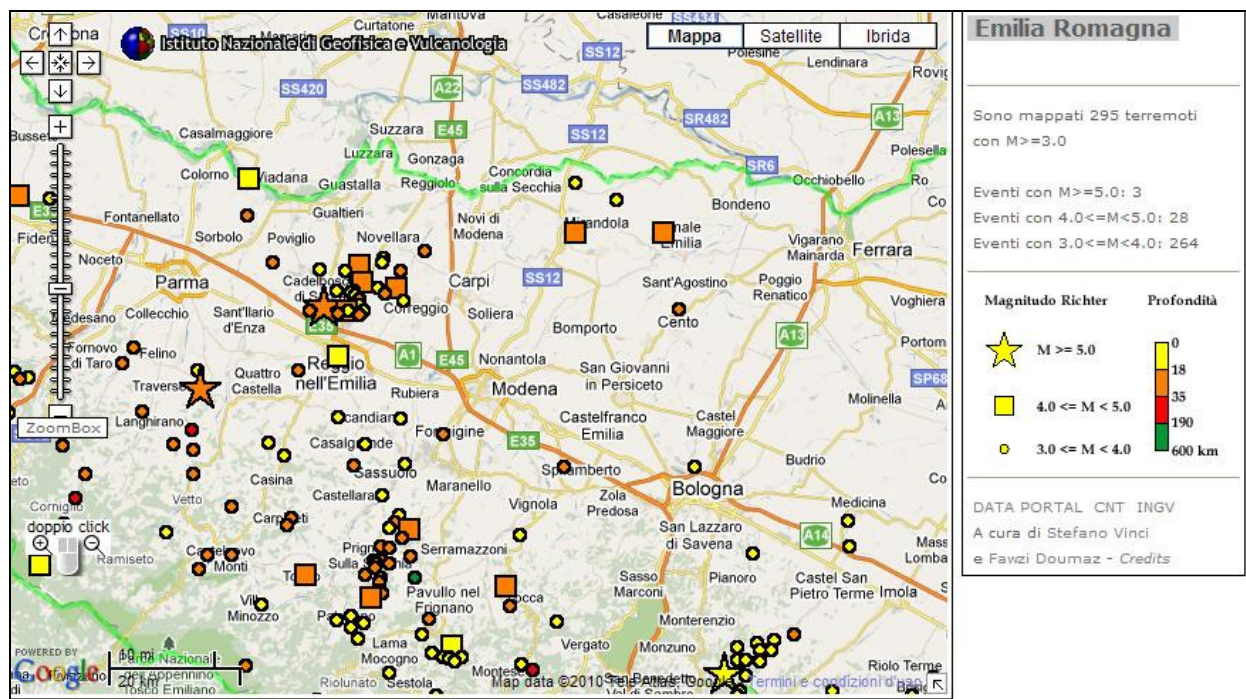


(immagini e tabelle reperite dall'archivio DBMI15, consultabile al sito internet
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti possono essere tratte le seguenti osservazioni:

- la storia sismica di Bagnolo in Piano ed il suo intorno (con riferimento anche al comune di Reggio Emilia) ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (i primi eventi riportati risalgono al 1222–1249, Basso Bresciano – Modena)
- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7-8 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimata in $M_w=5.48 \div 5.51$, registrata con $M_w=5.38$.
- 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 nell'area reggiana preappenninica e di pianura 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 $30 \div 20$ 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; 2012.

Precedentemente 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

Le documentazioni relative ai principali effetti conseguiti agli eventi sismici verificatesi in passato sono riconducibili ai terremoti del 1547-1806-1810-1831/32-1987-1996-1998-2012.

Le informazioni sono principalmente riferite all'area del capoluogo, nella quale sono prevalentemente localizzati gli edifici ad uso residenziale e di culto, ed in subordine ai fabbricati siti nel territorio extraurbano che nell'insieme rivestono in modo discretamente diffuso la superficie comunale.

Gli effetti maggiori che hanno interessato il territorio di Bagnolo in Piano con intensità $I_0=7-8$ e magnitudo epicentrale stimata $Mw_{es}=5.48 \div 5.51$, sono conseguiti agli eventi del 9/1831 e 3/1832, con epicentri tra Cella e Campegine, tra Calerno e Caprara, causarono gravissimi danni alla chiesa parrocchiale e alla Rocca, gravi alla residenza comunale, alla torre dell'orologio, crolli parziali di muri e tetti, sconnessioni e lesioni ai muri e alle volte degli edifici, caduta di molti comignoli; al sisma del 02/1806 ($I_0=7$; Bagnolo in Piano $I_0=-6-7$) con epicentro in San Bernardino di Novellara, nel comune in oggetto sono conseguiti moderati danni.

Risentimenti con $I_0=6$ e $Mw_{es}=5.1 \div 4.71$ sono attribuiti al terremoto del 02/1547 con epicentro in Reggio Emilia centro storico che causò notevoli danni con crollo di tetti, cornicioni, comignoli, lesioni in numerosi edifici, crollo della parte superiore della torre del Duomo, in Bagnolo in Piano, non indusse significativi danni; analoghi trascurabili effetti conseguirono al sisma del 05/1987 con epicentro in est San Giovanni della Fossa originatosi a 3,1 km di profondità.

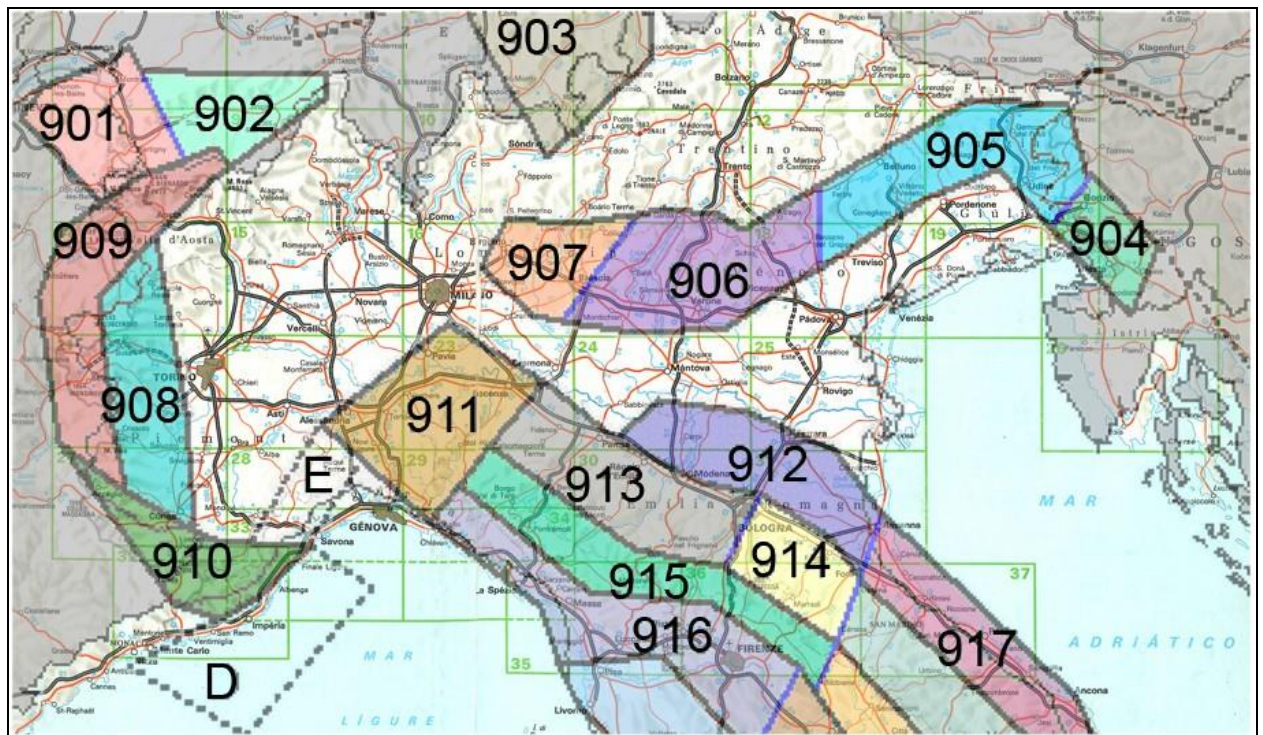
Gli effetti conseguiti al sisma del 1996, $Mw_e=5.38$, con epicentro in prossimità di San Tommaso della Fossa ed ipocentro a $-5 \pm 0,3$ km INGV - >10 km ENI-AGIP, hanno causato

gravi danni a numerosi fabbricati del capoluogo con caduta di comignoli, tegole, parziali crolli di fabbricati e generati quadri fessurativi che hanno reso temporaneamente inagibili molti edifici; analoghi effetti hanno coinvolto la chiesa parrocchiale di San Michele e altri fabbricati e manufatti nel forese e principali frazioni; gli effetti conseguiti a tale evento nel territorio di Bagnolo in Piano hanno indotto risentimenti con $I_0=7$.

I terremoti del maggio/giugno 2012, con epicentri in Medolla – Cavezzo – Concordia sulla Secchia con $M_w = 5.9 - 5.8 - 6.1$ e sorgenti a -8,07/-4,3/-8,6 km dal piano campagna, nel territorio di Bagnolo in Piano hanno indotto effetti $I_0=5$, ai quali sono conseguite temporanee inagibilità per lesioni nella Chiesa San Francesco da Paola, e alcuni fabbricati nel capoluogo. Analoghi effetti hanno coinvolto le zone extraurbane nelle quali i danni sono insorti in edifici in muratura generalmente in condizioni statico strutturali carenti.

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'ambito comunale di Bagnolo in Piano alla zona sismogenetica 912, zona di dominio della Dorsale Ferrarese, ed è a distanza di circa 6 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, dominio delle Pieghe pede-appenniniche 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 di magnitudo medio elevati: $M_w = 4.7/5.0 \div 5.5 \div 5.9/6.1$, 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 Bagnolo in Piano e le zone circostanti: Correggio, Novellara, Campagnola Emilia, Reggio Emilia, Cadelbosco di Sopra, Castelnovo di Sotto, 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 pre-triassico, ed in modo subordinato, della sismicità della monoclinale 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 – Reggiolo – 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.

La sismicità crostale più profonda, ipocentri sottostanti -35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente minore e risulta caratterizzata da sismi di medio elevata magnitudo.

Zone sismogenetiche – DISS 3.3.1

Il territorio di Bagnolo in Piano, appartiene alla zona sorgente sismogenetica composta ITCS049 Campegine – Correggio che si estende in assetto blandamente arcuato in direzione ovest – est circa da Cà del Bosco di Sopra a San Giovanni della Fossa alla Zona Industriale di Correggio.

Il territorio a nord – nord est: $>10 \div 12$ km, individua la zona sorgente sismogenetica composta ITCS051 – Carpi – Poggio Renatico che si estende in assetto blandamente arcuato in direzione ovest – est circa da Fabbrico – Rolo a Mirandola – Cavezzo e sub rettilineo da queste ultime a Poggio Renatico – San Pietro in Casale.

Dette fasce sono caratterizzate da meccanismi focali compressivi che si originano tra -3,0 e -10,0 km del sottosuolo nella Campegine – Correggio e tra -2,0 e -10,0 km pc nella Carpi – Poggio Renatico

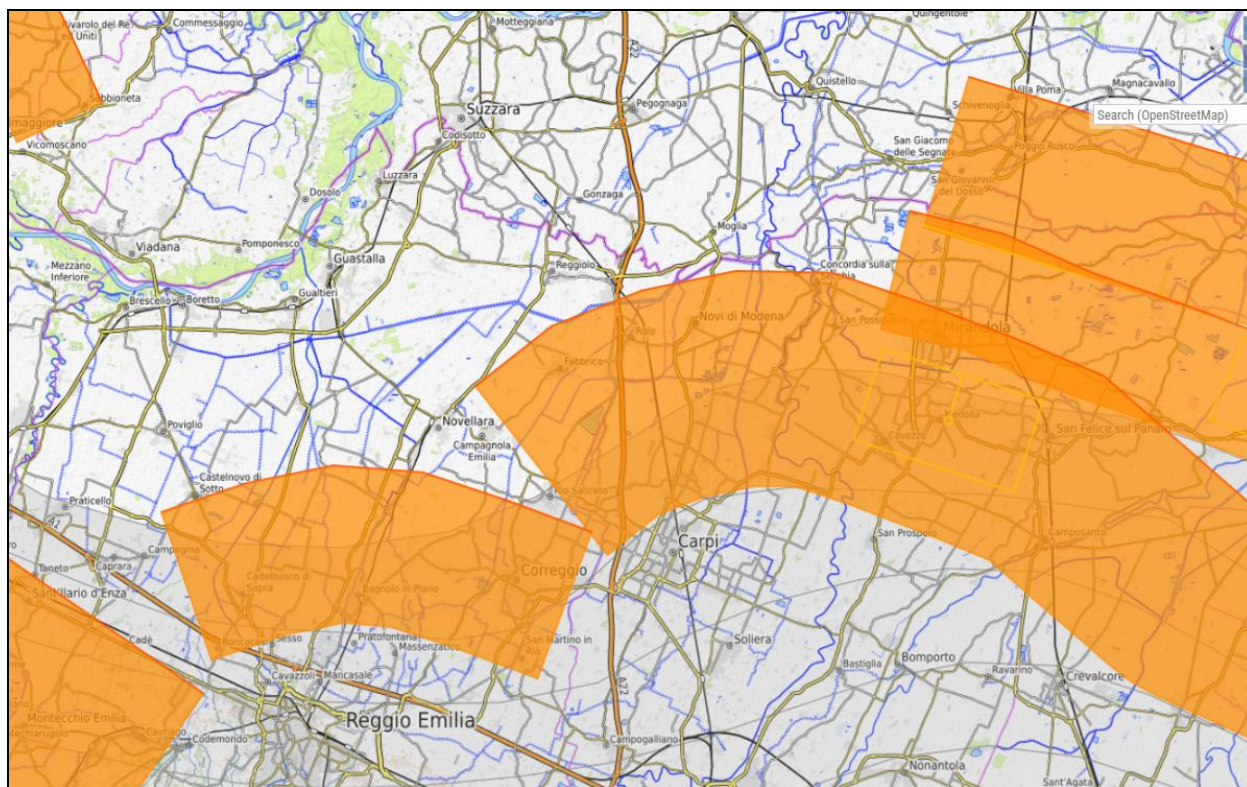
Ai terremoti della zona Campegine – Correggio è attribuita una magnitudo massima $M_w=6.6$; la magnitudo massima registrata corrisponde a $M_w=5.38$.

Alla zona Carpi – Poggio Renatico è attribuita una magnitudo massima $M_w=7.0$, la magnitudo massima registrata più prossima (Medolla, 32 km nord est) è $M_w=5.9$ e quella massima (Sud San martino in Spino, 48 km a nord – nord est) equivale a $M_w=6.09$.

Gli epicentri principali della zona Campegine – Correggio sono localizzati distanza di $3,8 \div 4,2$ km a nord ovest e $5,5 \div 6,5$ km a nord – nord est, del centro storico di Bagnolo in Piano.

Quelli della Carpi – Poggio Renatico sono individuati a distanze di 21 – 35 km ad est di detto centro storico. Per quanto riguarda la zona sorgente individuale ITIS107 Mirandola, appartenente alla Carpi – Poggio Renatico, il principale epicentro dista 32 a nord est km dal sopracitato centro storico.

Come sopra esposto gli ipocentri di tali zone sono caratterizzati da meccanismi focali compressivi – compressivo trascorrenti.



Estratto da DISS 3.3.1. - DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.3.1.

Sorgenti Sismogenetiche da Dati Macrosismici

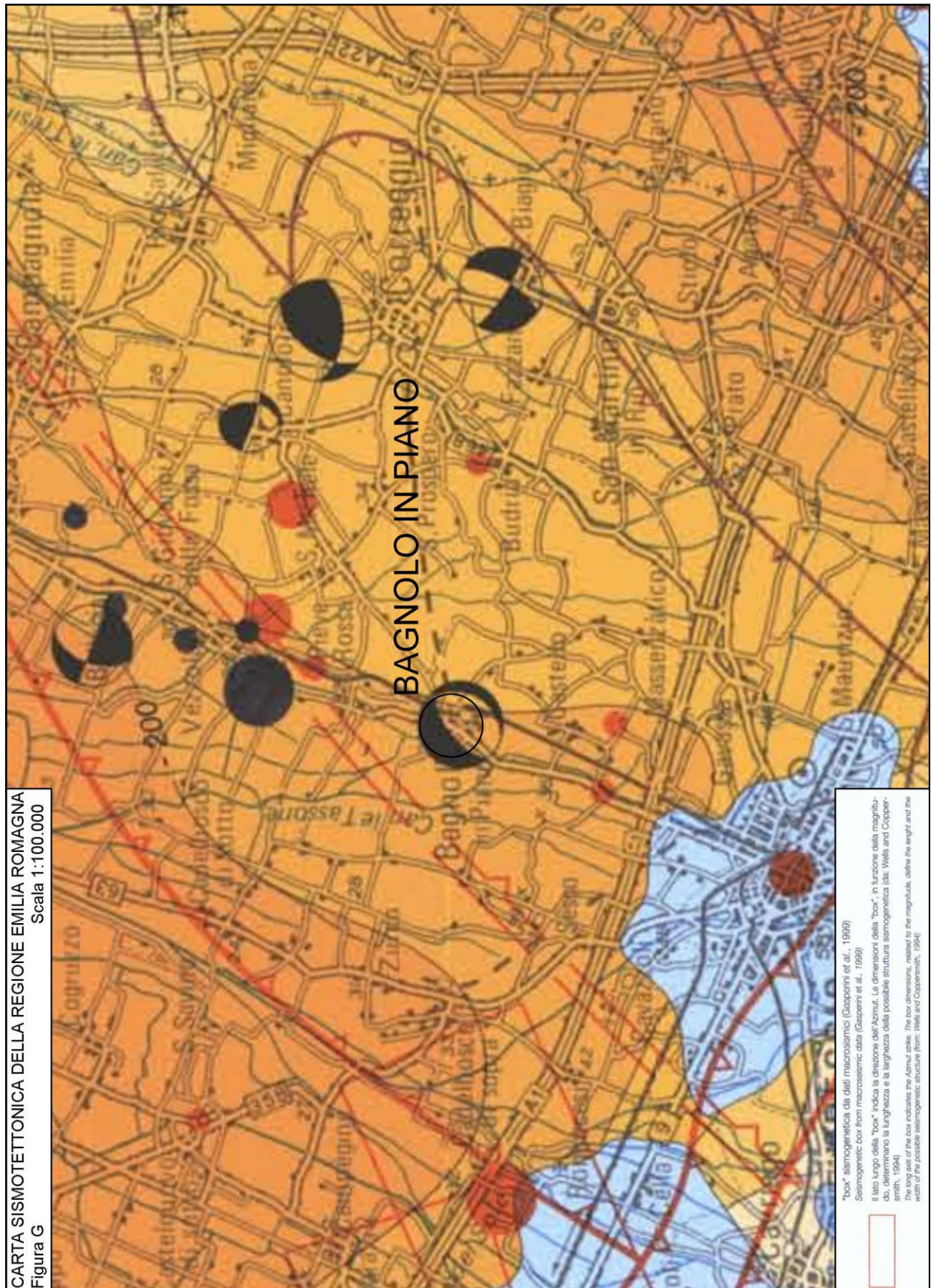
Relativamente agli eventi precedenti al 1990 prossimi al territorio di Bagnolo in Piano, di seguito esposti, sono state individuate le box sismiche che li caratterizzano.

Detti terremoti sono correlati (Gasperini et Alii, 1999) a faglie generatrici con magnitudo momento sismico (M_w) intensità epicentrale I , ricavati in funzione degli eventi, rigidezza delle rocce, confronto fra sismogrammi reali e teorici. I parametri delle magnitudo momento: M_w e dell'intensità epicentrale: I , ottenuti dai sopracitati autori, sono riportati nella seguente tabella:

Terremoto	Direzione Principale faglia	Magnitudo momento M_w	Intensità epicentrale I
09/1832	Bettolino – Case del Lago – Casetto di sopra	5,58	7,5
03/1831	Stazione FS - Cadè Barisella	5,60	7,5
07/1971	Casalbaroncolo - Paulli	5,72	8,0

Gasperini et Alii, 1999

Le box sismiche di dette faglie sono visualizzate nella Carta Sismo Tettonica della Regione Emilia Romagna 2004 (M. Boccaletti, L. Martelli) della quale è riportate l'allegato stralcio ingrandito alla scala 1: 100.000, Fig G



Classificazione sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003 attribuisce il Comune di Bagnolo in Piano alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S6; analoga classificazione è attribuita dalla DGR ER 146/2023. I valori delle accelerazioni. In riferimento alle DGR 476/2021 – DGR 564/2021: griglia mappe di pericolosità sismica INGV, alla zona sismogenetica del territorio comunale di Bagnolo in Piano compete un valore dell'accelerazione orizzontale media dello spettro di risposta elastico, corrispondente a:

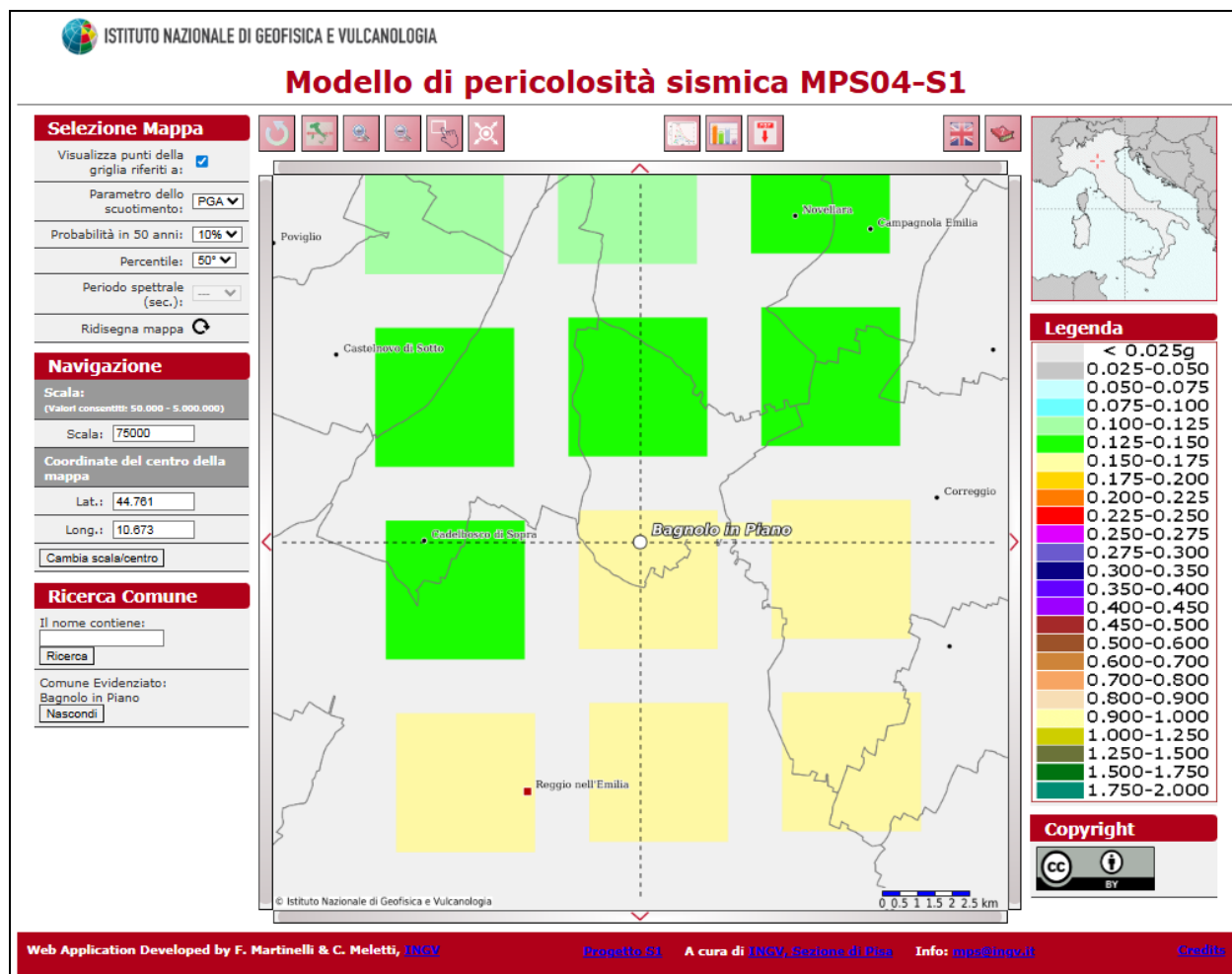
Bagnolo in Piano $a_{\text{ref}} = 0,125 - 0,175g$

La Carta della Pericolosità Sismica del territorio nazionale (INGV-DPC 2004-2006, Progetto esse1) riportante il valore dell'accelerazione orizzontale massima "ag" su suolo di riferimento che ha la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni, assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente, per il territorio del comune di Bagnolo in Piano, risulta compresa tra:

Bagnolo in Piano $ag = 0,143 \div 0,152 g$

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 ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2*, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono all' areale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

Bagnolo in Piano $ag = 0,125 \div 0,175 g$



Accelerazione di riferimento ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV-DPC 2004-2006)

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

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

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Bagnolo in Piano, 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 la parte di territorio in analisi i parametri di seguito esposti:

Sito Bagnolo in Piano, capoluogo

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,038	2,70	0,091	0,028	0,006
29-05-2012 – 5.8	0,043	2,90	0,125	0,031	0,006
29-05-2012 – 5.3	0,027	2,45	0,066	0,018	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,019	1,20	0,040	0,008	0,001

Sito San Tomaso della Fossa

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	0,040	2,84	0,097	0,029	0,006
29-05-2012 – 5.8	0,046	3,06	0,135	0,033	0,007
29-05-2012 – 5.3	0,030	2,67	0,073	0,020	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,021	1,32	0,044	0,009	0,001

Sito San Michele della Fossa

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	0,044	3,04	0,102	0,031	0,007
29-05-2012 – 5.8	0,055	3,50	0,143	0,042	0,008
29-05-2012 – 5.3	0,034	2,96	0,080	0,021	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,023	1,40	0,046	0,010	0,002

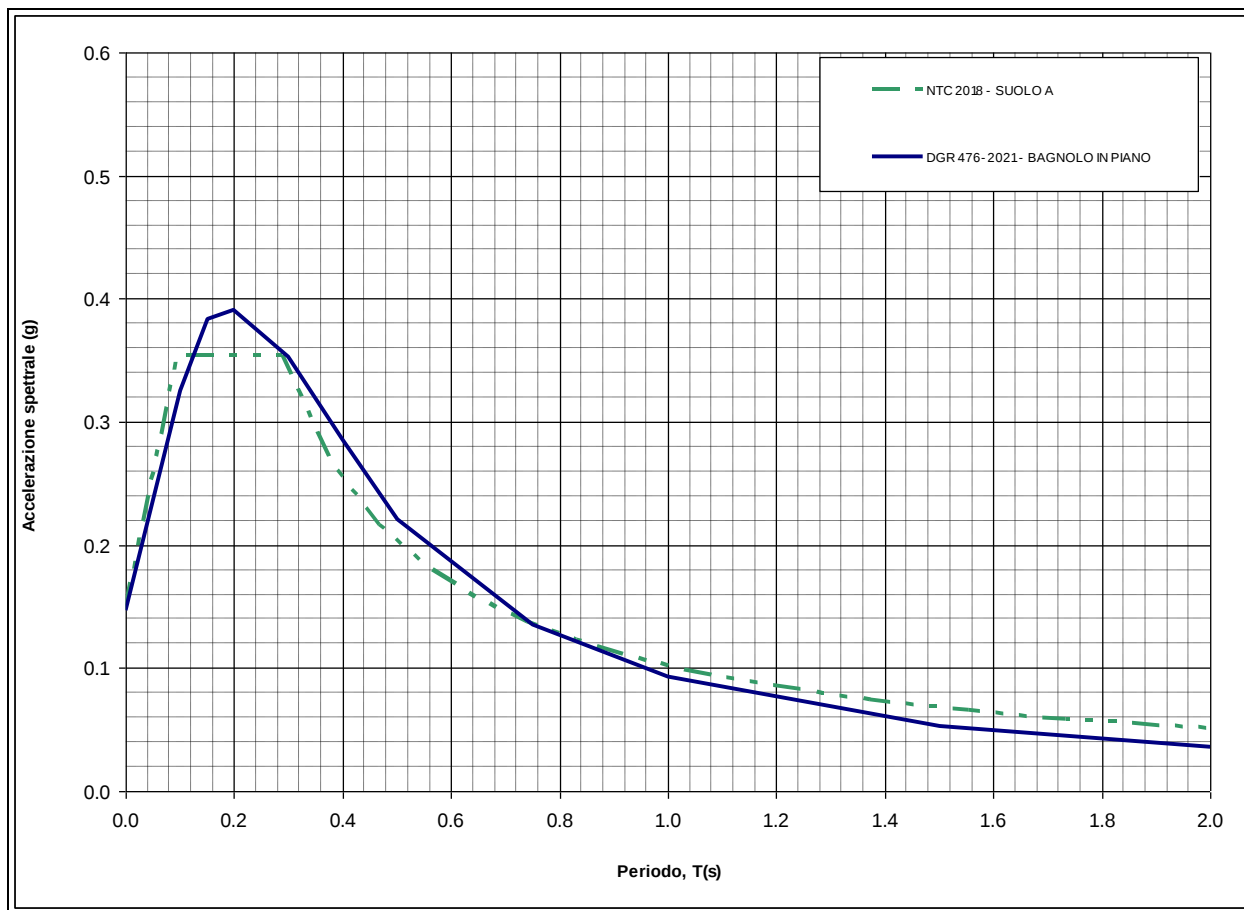
L'evento più gravoso sia in termini di accelerazione massima in superficie (pga) che in termini di accelerazione spettrale (PSA) risulta essere quello del **29 maggio 07.00.03 (GMT) $M_L=5.8$** .

I valori di PGA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli della PGA di progetto della griglia INGV e della tab. 2 dell'allegato 4 DGR 564/2021

3.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (*Meletti C., Montaldo V., 2007*. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo $0,125 \div 0,175g$. Tali dati sono anche stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 476/2021 Aggiornamento dell'“Atto di Coordinamento sugli studi di microzonazione sismica”omissis, territoriale ed urbanistica”.

Mediante i dettami di detta delibera è stato costruito lo spettro di riferimento a probabilità uniforme per il comune di Bagnolo in Piano, evidenziato nella seguente figura, dove è confrontato con lo spettro elastico in superficie per sottosuolo di categoria A (DM 17-01-2018) riferito al medesimo comune.



Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Bagnolo in Piano. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera della giunta regionale ER – 476-564/2021, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2018.

Ai fini delle successive determinazioni è stato considerato lo spettro di risposta a probabilità uniforme proposto dalla Regione Emilia Romagna (DGR 564/2021).

4 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio comunale di Bagnolo in Piano appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46.000 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, marnose argillose del *Supersintema del Quaternario Marino Superiore* da 0,65 a 0,8/1,0? Ma (*Pleistocene med.-inf.*) alle quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose del

¹ Milioni di anni.

Quaternario Marino Inferiore (Pleistocene inf. da 0,9 a 1.72 Ma). Tali sintemi coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,72 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 *Pliocene sup. – med.* comprese tra 1.000/1.550 m pc. a loro volta seguite dai depositi del *Pliocene inf.* 1.700/1.800 m di profondità. Successivamente le formazioni del *Pliocene* si rinvencono sino a -2,5/-3/-4÷-5/-6 km pc nella fascia delle Pieghe Ferraresi e si approfondiscono a -6÷-7,5 km in direzione occidentale nord occidentale: parte ovest e nord del territorio di Novellara, Castelnuovo di Sotto, Cadelbosco di Sopra, Campegine, Praticello, con il passaggio alla Monoclinale Alpina.

Analoghe profondità di -7÷-8.5 km pc sono presenti ad oriente nella zona di Carpi – Soliera – Bomporto – Crevalcore, al passaggio delle Pieghe Ferraresi alle Pieghe Romagnole.

A dette formazioni soggiacciono le successioni dal *Miocene al Mesozoico*, individuate mediante disamine geofisiche (AGIP-ENI,1986), sino a -9.000÷-11.000 m dal piano campagna ad eccezione della Dorsale Ferrarese.

Nella zona a occidente, al confine tra le provincie di Reggio Emilia e Parma, il basamento è dislocato da una fascia di faglie anti-appenniniche a direzione sud est – nord ovest che ha determinato una traslazione in verso settentrionale del blocco dell'Arco Ferrarese (reggiano/modenese), con disassamento del margine appenninico, ed un'inclinazione molto maggiore in verso meridionale della parte sud orientale dello stesso (Placca Adriatica); tali fattori, mediante sovrascorrimenti, hanno generato l'innalzamento, del substrato pre-pliocenico a -1 km pc nelle aree a meridione della via Emilia – ovest di Taneto..

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 pre-pliocenico, dagli eventi tettonici e subsidenti che hanno coinvolto lo stesso, dalle variazioni del livello medio del mare correlate ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 1,2 Ma.

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 coinvolto maggiormente la zona emiliano – romagnola; in quest'ultima fase detti eventi sono rimarcati dalla superficie di erosione in ambiente subaereo della base del Supersintema del Quaternario Marino.

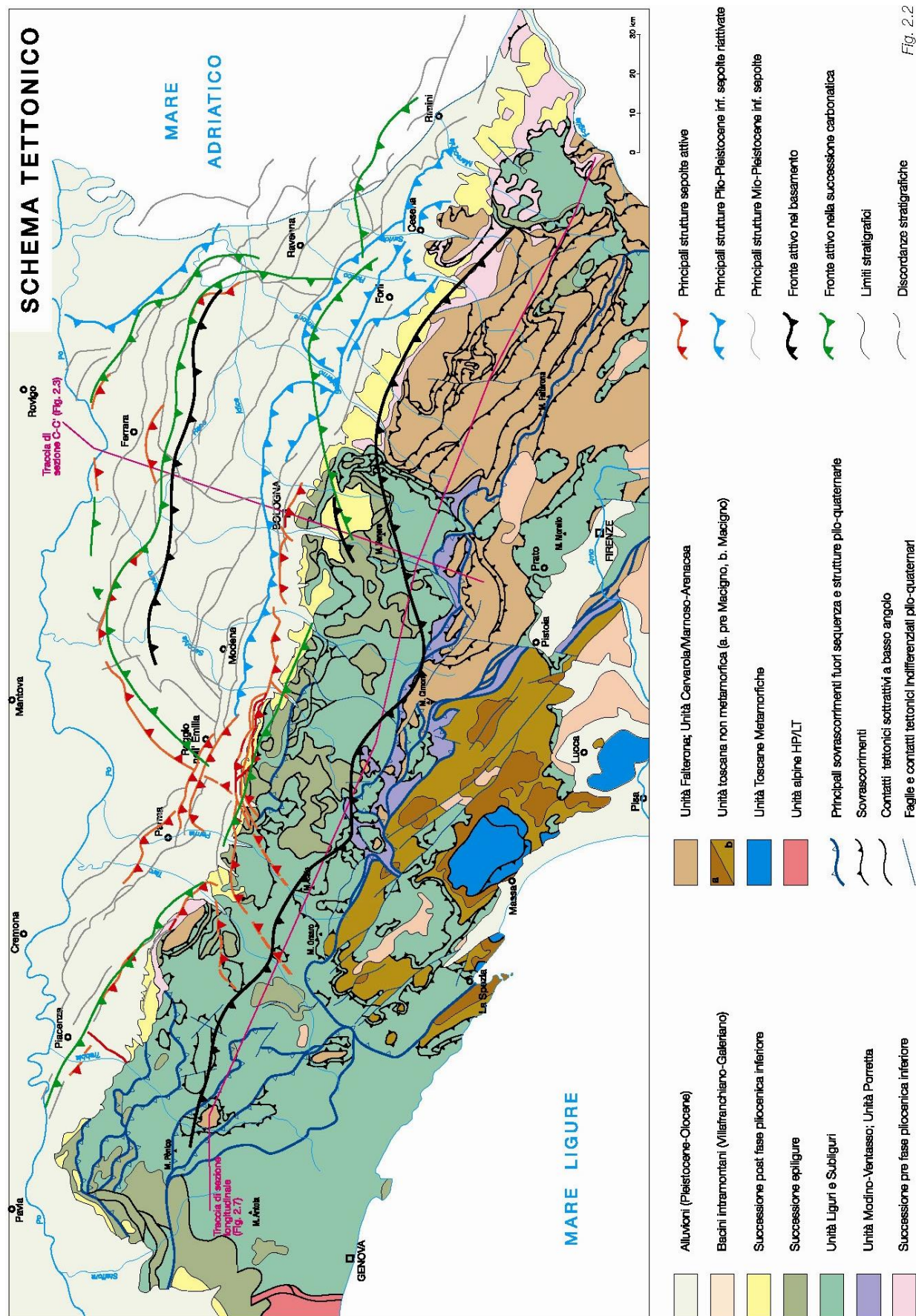
A tali fasi tettoniche è seguito un altro importante stadio nel *Pleistocene medio* (0.8–0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est – est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 – 0,22 Ma.

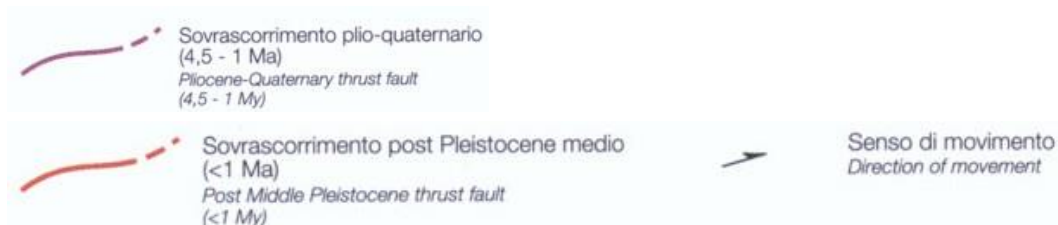
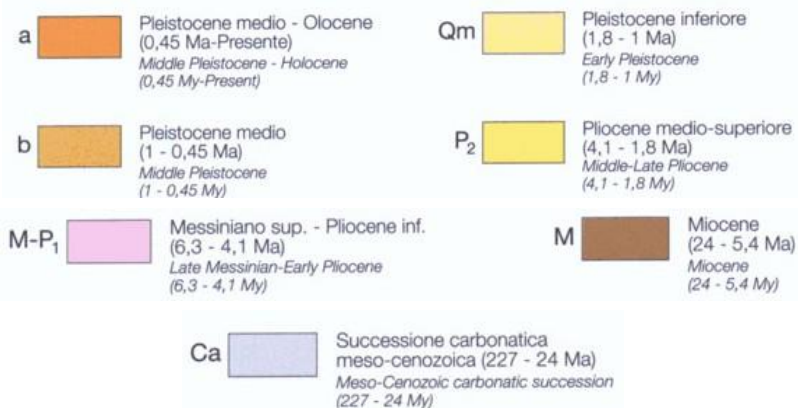
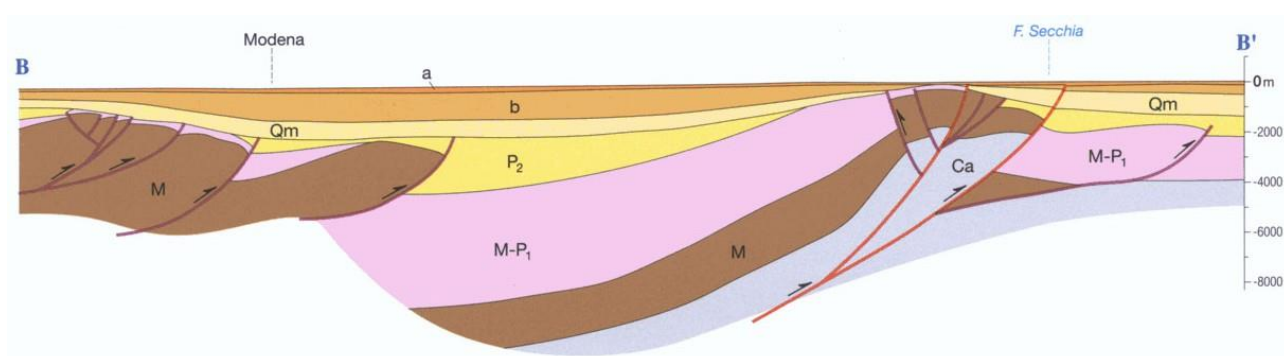
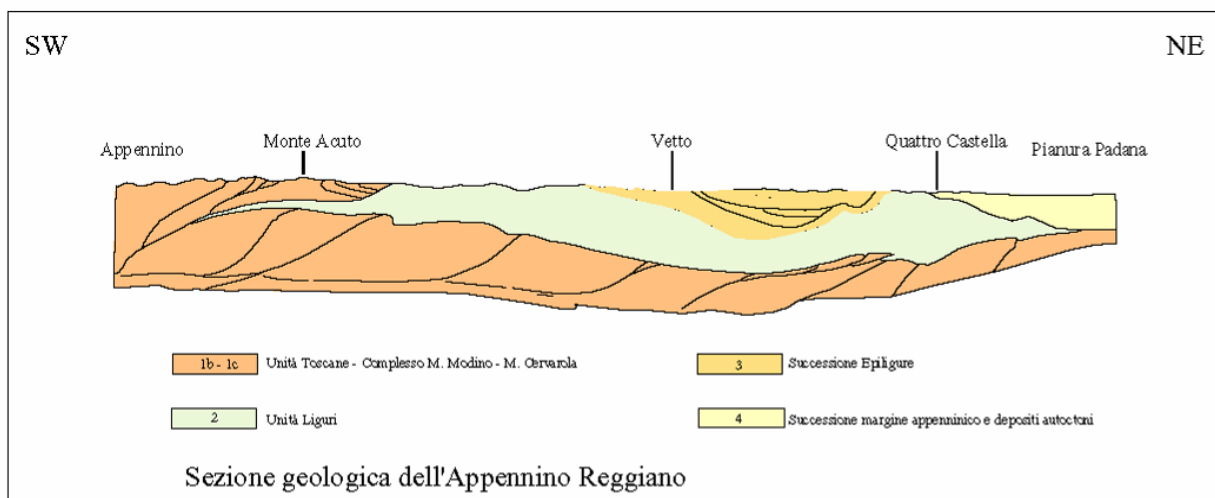
I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalcano l'andamento del substrato pre-pliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformali della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 650.000 anni b.p.: AEI, e cicli deposizionali basali e medi di AES, 450.000 – 200/220.000 anni b.p.

I conseguiti 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 delle zone di asse di anticlinale, condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Questi assetti strutturali, in taluni casi ed in circoscritte aree, hanno indotto 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.

L'assetto e gli spessori delle successioni in narrativa sono stati inoltre sensibilmente influenzati dalle variazioni del livello medio del mare correlate sia all'apertura del Mediterraneo successiva al *Messiniano* che, ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 0.65 Ma.

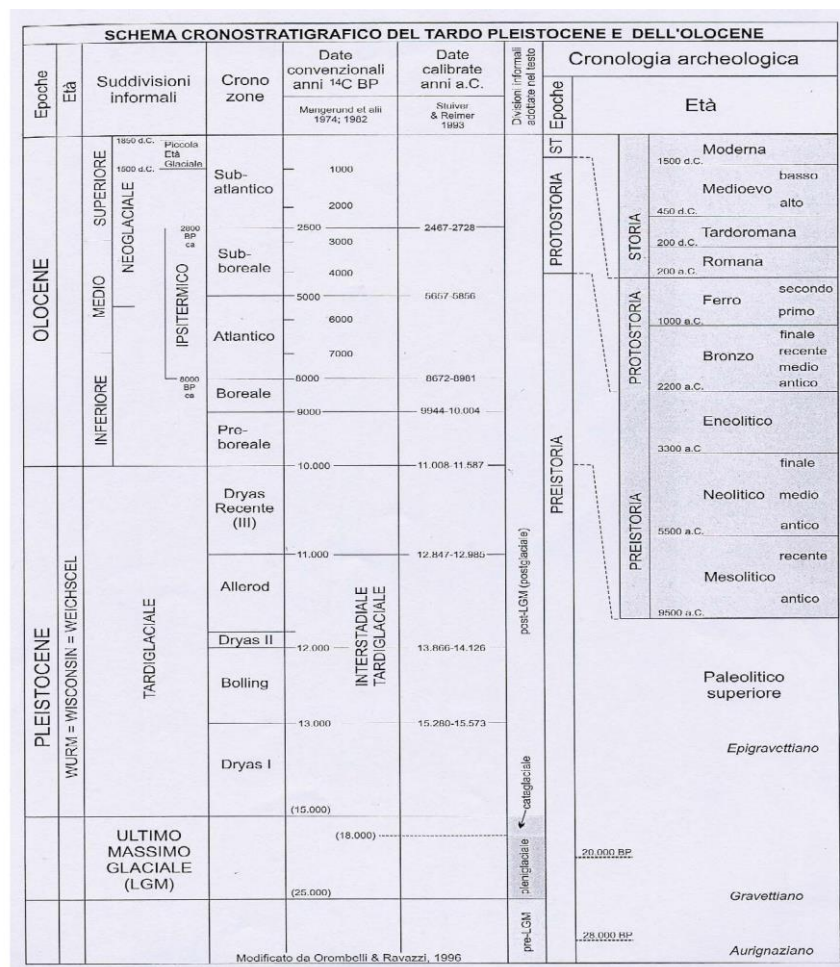




UNITÀ STRATIGRAFICHE		SEQUENZE DEPOSIZIONALI		ETÀ (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA
SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	Qc	Qc ₂	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE
	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE		Qc ₁	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
SINTEMA DI COSTAMEZZANA		Qm	Qm _{3''}	~0.65	
			Qm _{3'}	~0.8	
			Qm ₂	~1.0	
			Qm ₁	~2.2	
SINTEMA DEL T. STIRONE		P ₁		~3.6	PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE
ARGILLE AZZURRE		P ₂			PLIOCENE INFERIORE

Superficie di discontinuità principale

Superficie di discontinuità minore



Scala
cronologica
del tardo
Pleistocene e
dell'Olocene



SCALA GEO- CRONOMETRICA IN MA	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA		
	EPOCHE		ETÀ STANDARD
	PLEISTOCENE	PLIOCENE	
0			1.7 CALABRIANO
5			2.8 PIACENZIANO
			4.2 TABIARNO
			5.2 MESSINIANO
10		SUPERIORE	TORTONIANO
15		MEDIO	SERRAVALLIANO
			15.5 LANGHIANO
			16.5
20		INFERIORE	BURDIGALIANO
			22.5 AQUITANIANO
25			24
30		SUPERIORE	CATTIANO
35		INFERIORE	RUPELIANO
40		SUPERIORE	PRIABONIANO
			40
45		MEDIO	BARTONIANO
			44
			LUTEZIANO
50		INFERIORE	YPRESIANO
			49
55		SUPERIORE	THANETIANO
			53.5
60		INFERIORE	DANIANO
			60
65			65

DATAZIONE IN MA	UNITA' DELLA SCALA STANDARD				ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOM ABBANDONATI
	PERIODI	EPOCHE	ETÀ			
	SISTEMI	SERIE	PIANI			
1.8	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO		IRECENTE
5	NEOGENE	PLEISTOCENE	TIRRENIANO	CROTONIANO		
			MILAZZIANO			
			SICILIANO			
			EMILIANO			
			CALABRIANO	SANTERAMO	VILLA- FRANCHIANO	ASTIANO
			PIACENZIANO			ITABIANNO
			ZANCLEANO			ANDALUSIANO
			MESSINIANO	PONTICO		
			TORTONIANO	PANNONICO	SARMAZIANO	ELVEZIANO
			SERRAVALLIANO			
			LANGHIANO			
			BURDIGALIANO			
			AQUITANIANO			
24	PALEOGENE	OLIGOCENE	CATTIANO	LATTORFIANO	TOGRIANO	LUDIANO
37			RUPELIANO			
53.5		EOCENE	PRIABONIANO		BARTONIANO	LEONIANO
65			LUTEZIANO		BIARRITANO	SAUVESANO
			YPRESIANO		CUSIANO	
			THANETIANO		SPIRITANO	SPARNACIANO
			MONTIANO			ILANDIANO
			DANIANO			
96	CRETACICO	superiore	MAASTRICHTIANO			
			CAMPANIANO			
			SANTONIANO			
			CONIACIANO			
			TURONIANO			
			CENOMANIANO			
			ALBIANO			
			APTIANO			
			BARREMIANO			
			HAUTERIVIANO			
			VALANGINIANO			
			BERRIASIANO			
143		inferiore	NEOCOMIANO			
			PORTLANDIANO			
			KIMMERIDGIANO			
			OXFORDIANO			
			CALLOVIANO			
			BATHONIANO			
			BAJOCIANO			
			ALENIANO			
			TOARCIANO			
			PLIENSCHACHIANO			
			SINEMURIANO			
			HETTANGIANO			
212		superiore	RETICO			
			NORICO			
			CARNICO			
			LADINICO			
			ANISICO			
			SCITICO			
247	PERMIANO	superiore	TATARIANO			
			KAZANIANO			
			KUNGURIANO			
			ARTINSKIANO			
			SARMARIANO			
			ORENBURGIANO			
			GZELIANO			
			MOSCOVIANO			
			BASHKIRIANO			
			SERPUKHOVIANO			
			WISEANO			
			TOURNAISIANO			
367	DEVONIANO	superiore	FAMENNIANO			
			FRASNIANO			
			GIVETIANO			
			EIFELIANO			
			EMSIANO			
			SIEGENIANO			
			GEDINNIANO			
			PRIDOLIANO			
416	SILURIANO	superiore	LUDLOVIANO			
			WENLOCKIANO			
			LLANDOVERIANO			
			VALENTIANO			
446		superiore	ASHGILLIANO			
			CARADOCIANO			
			LLANDEILIANO			
			LLANVIRNIANO			
			ARENIGIANO			
			SKIDDAVIANO			
			TREMADOCIANO			
509	CAMBRIANO	superiore				
		medio				
		inferiore				
575						

Da: P.R. Vail, 1977
parz. mod.

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 tipo la zona di Novi MO – Mirandola.

4.1 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 Pieghe Emiliane e Romagnole che assumono una larghezza variabile, equivalente a più di 50 Km nell'Emilia orientale ed a 25 Km nell'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 (MO)–Camurana si rinviene già da 215-310 m dal piano campagna (Novi, 4bis, 1952 – Cavone di Carpi 2, 1978) e nelle zone più ad oriente nel ferrarese: Casaglia – Pontelagoscuro si attesta a -120/-150 m pc.

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.

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

Nella zona di Reggio Emilia la successione delle formazioni nei primi 4.500/8.000 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 paleo oceano 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 4.500 m pc e 8.000/9.000 m pc, 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), costituiscono 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 8/9÷11/12 km dal piano campagna con approfondimento in verso meridionale, che si estende in direttrice sud ovest – nord est, circa secondo l’allineamento Villa Sesso – Novellara – 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 – Cella. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che anti-appenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1.000 – 1.200 m dal piano campagna nel campo pozzi AGIP di Correggio: zona S. Michele – S. Giovanni della Fossa (AGIP, 1952, Campo di Correggio). In essa si evidenzia una fascia a direzione sud ovest – nord est ad oriente, a distanza circa di 3÷4 Km del centro storico di Bagnolo in Piano, che tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un’altra zona di frattura orientata est sudest – ovest nordovest 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 di via Fosdondo sino all’omonima frazione. Nel settore occidentale, ad ovest di San Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona ad intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud ovest – nord est circa secondo l’allineamento Bagnolo in Piano – Santa Maria.

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 correlazione 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.

La base del *Pliocene* (M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981 – RER, AA.VV, 2004) nel sottosuolo del territorio al quale appartiene il comune di Bagnolo in Piano è generalmente rinvenibile tra -2,5/-3,0 km dal piano campagna, con profondità relative minori nella zona di San Michele – Fosdondo (-2.500 m pc), e si approfondisce a -3,5-4.0 km pc in direzione occidentale. Successivamente allo sovrascorrimento ad ovest dei capoluoghi Cadelbosco di Sopra – Novellara si immerge a -7/-7,5 km pc.

Il primo di tali assetti caratterizza la fascia occidentale dell’asse della Dorsale Ferrarese, mentre la parte occidentale e settentrionale è contraddistinta dagli

sovrascorrimenti dell'ala settentrionale occidentale di detta Dorsale che giustappongono la stessa alla monoclinale alpina con notevole approfondimento della base del *Pliocene*. (-6/-7 km pc).

La sopracitata linea di sovrascorrimento, che delimita il fianco occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, 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 Pedemontane”. Nelle zone ad ovest di Cadelbosco di Sopra – Novellara la sopracitata Dorsale è sostituita dalla monoclinale alpina.

Nella della media pianura reggiana – modenese, circa 15 km ad est di Bagnolo in Piano capoluogo, al confine occidentale del territorio di Carpi con i comuni di Correggio e Rio Saliceto, l'analisi delle stratigrafie dei pozzi perforati per profondità superiori a -120/-140 m pc, indica discontinuità nei corpi sabbiosi che soggiacciono alle sopraindicate quote; tali condizioni trovano riscontro in prospezioni geofisiche effettuate nell'area in narrativa. Dette situazioni sono correlabili ad una fascia di faglia diretta per processi distensivi, sigillata dai depositi delle sequenze dell'AES7 e parte medio sommitale della successione AES.

Tale zona di faglia pare che oltre ad interessare le sequenze dei depositi alluvionali della parte basale AES, coinvolga tutta la sequenza di AEI ed anche parte del *Pliocene inferiore*, raggiungendo profondità di almeno -300/-400 m dal piano campagna.

In rapporto al contesto strutturale locale detta linea tettonica è attribuibile a faglia distensiva di “collasso crestale” (F.C. Molinari, 2016) che ha indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

Le analisi di microzonazione nel territorio di Bagnolo in Piano hanno evidenziato un elevato grado di corrispondenze delle fasce di territorio contraddistinte dai valori dei fattori di amplificazione sismica maggiori negli intervalli $0.1 < T < 0.5$ sec. con le zone del sottosuolo nelle quali sono presenti le principali linee di sovrascorrimento che interessano la base del *Pliocene* e che nell'area di San Michele della Fossa coinvolgono il *Pliocene superiore* rinvenibile tra 1.050 e 1150 m pc.

Le condizioni che identificano aree a diversi gradi di risentimento sismico in superficie indicano una suddivisione dell'area comunale in due zone una occidentale ed una orientale.

Il settore orientale: aree ad est della Ferrovia Reggio-Mantova e di via P. Malaguti nel capoluogo – nord di via Ronchi/via Beviera è caratterizzato da valori > 2.1 nell'intervallo dei fattori di amplificazione FH $0.1 < T < 0.5$ sec, FA $0.1 < T < 0.5$ sec. e FA $0.4 < T < 0.8$ sec. e la pericolosità potenziale H_{SM} è alta; le zone ad occidente del sopradescritto allineamento sono contraddistinte da fattori di amplificazione nei medesimi intervalli < 2 .

4.2 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 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) e *Pleistocene med. sup.* (0,45 e 0,6 Ma) che nell'area reggiana – 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 instaurarono ambienti sedimentari continentali che hanno generato i depositi dei Sintemi Emiliano Romagnolo Inferiore (0,65÷0,45/0,35 Ma, AEI) e Superiore (0,45/0,35 Ma ÷ presente, AES).

Le variazioni delle condizioni dei bacini sedimentari nel tardo *Pleistocene* sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'Olocene (10.000 – 12.000 anni bp) che ad occidente di Reggio Emilia e zone a settentrione della stessa, corrisponde circa a -10÷-15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15÷20/25 m nelle zone a settentrione di Reggio Emilia e Modena, ad eccezione di Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -15 m pc, tende ad approfondirsi ulteriormente procedendo verso est attestandosi 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 - L. Martelli et Alii, 2016*) 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 – Novellara – Fabbrico – Rolo – Concordia sS.

Oltre alle sopra descritte zone ad oriente di Correggio è presente una linea di sovrascorrimento sepolta, 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.

Nella zona tra le provincie di Parma e Reggio Emilia il basamento è dislocato da una fascia di faglie anti-appenniniche a direzione sud est – nord ovest che ha determinato una traslazione in verso settentrionale del blocco dell'Arco Ferrarese – Romagnolo (reggiano), con disassamento del margine appenninico, ed un'inclinazione molto maggiore in verso meridionale della parte sud orientale dello stesso (Placca Adriatica).

Le fasce di deformazione attiva sepolte che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate delle linee di sovrascorrimento pede-appenniniche estese in direttrice ovest nordovest – est sudest presenti a meridione della via Emilia, circa tra la stessa e l'allineamento Montecchio – Cavriago – Fogliano – Arceto; nella fascia

settentrionale di dette pieghe si sono verificati gli epicentri sismici di maggior energia con $M_w > 5,5$ a Ponte Taro, Parma, tra Caprara e Calerno – Cà del Bosco di Sopra, Rubiera. Di detti eventi quelli del 1831/1832 si sono originati circa 2,5 km a nord est dell'intersezione dello sovrascorrimento nord ovest – sud est Taneto/Calerno e quello ovest – est Calerno/Cella, il secondo circa 1 km a ovest (sud A1) di quello che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese e 3/3,3 km a nord dell'intersezione della stessa con quello frontale delle pieghe pede-appenniniche. 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 $0,45 \div 0,22$ Ma, e con tutta probabilità anche in epoca storica come suggeriscono la diversione verso occidente del T. Enza e la presenza in superficie dei depositi dell'unità AES7b nei territori di Campegine – S. Ilario d'Enza, che confermano ulteriormente l'attività sismica del territorio in oggetto.

I sollevamenti delle strutture correlati a detti fattori trovano riscontro nei minori tassi di abbassamento nella prevalente parte del territorio generalmente $2,5 \div 7,5$ mm/anno, rispetto alle fasce a meridione Reggio Emilia: $10 \div 17,5$ mm/anno e ad oriente: Carpi $20/25$ mm/anno. Analoghe fasi deformative si sono sviluppate anche negli ultimi 125.000 anni come suggeriscono gli assetti blandamente convessi degli orizzonti sabbioso ghiaiosi e di livelli palustri Mirandola) di AES7.

La distribuzione degli ipocentri focali, generalmente con profondità tra -5 e -10 km pc, denota che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 10/15 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 rappresentata in percentuale relativa minore.

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 l'area in oggetto alla zona sismogenetica 912.

La classificazione sismica del territorio nazionale: OPCM 3274/2003, NTC 17/01/2018, e RER: DGR 146/2023, attribuiscono il Comune di Bagnolo in Piano alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

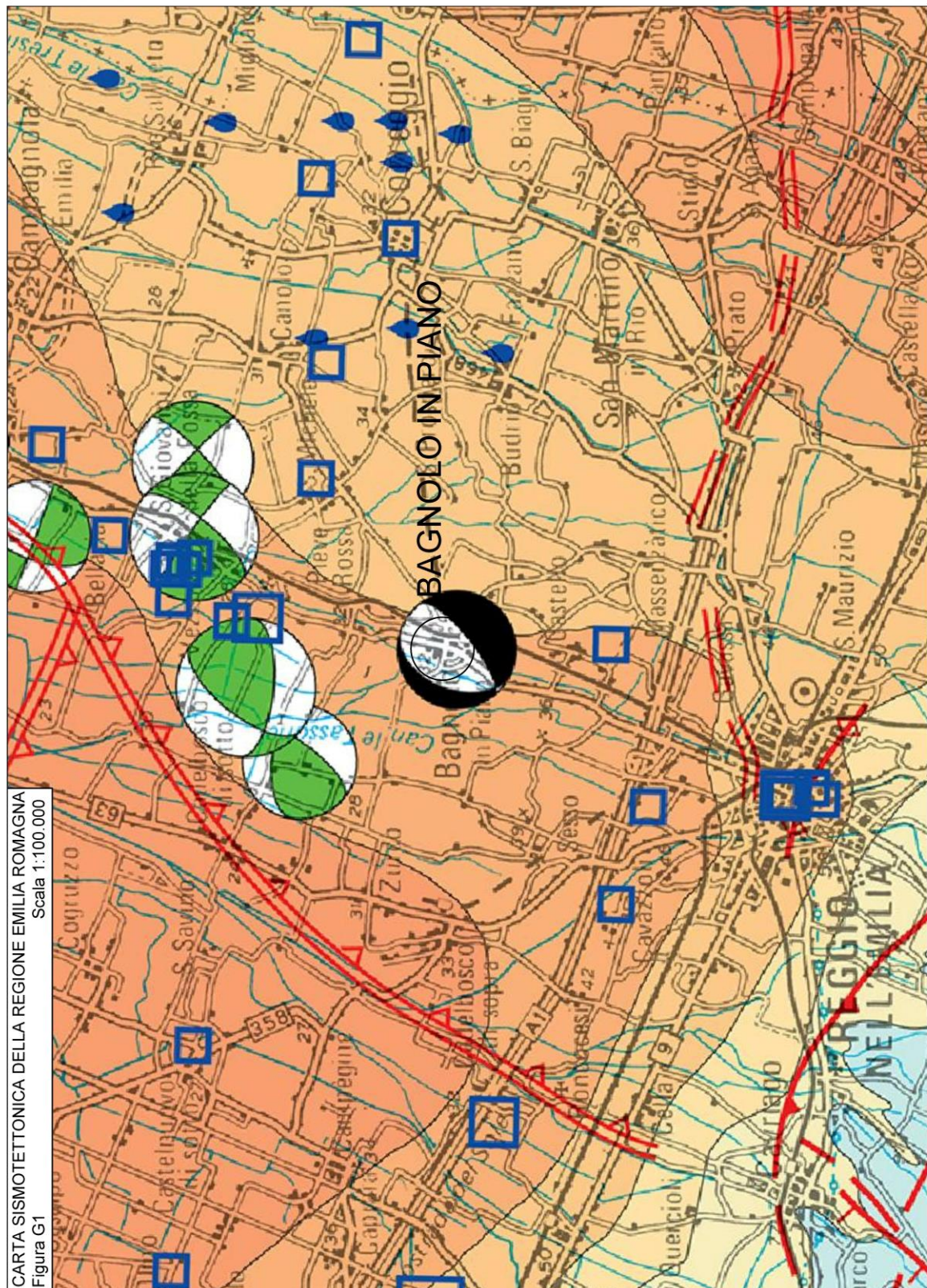
I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di a_g . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2*, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale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

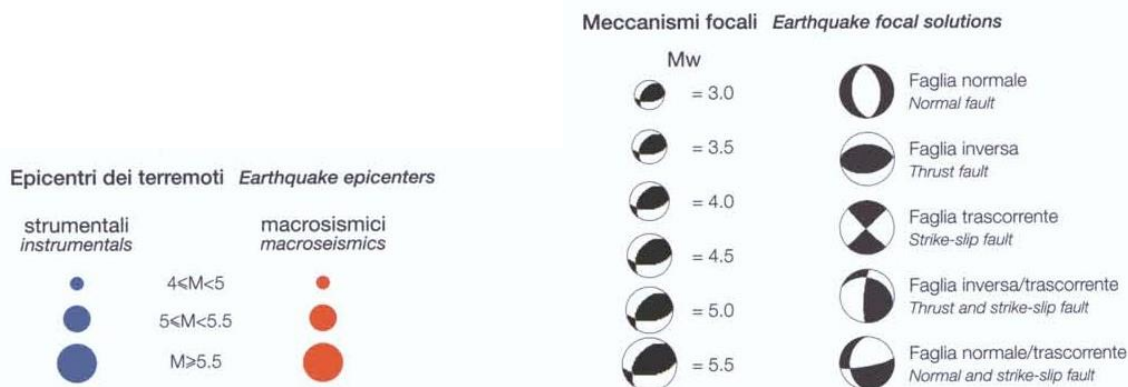
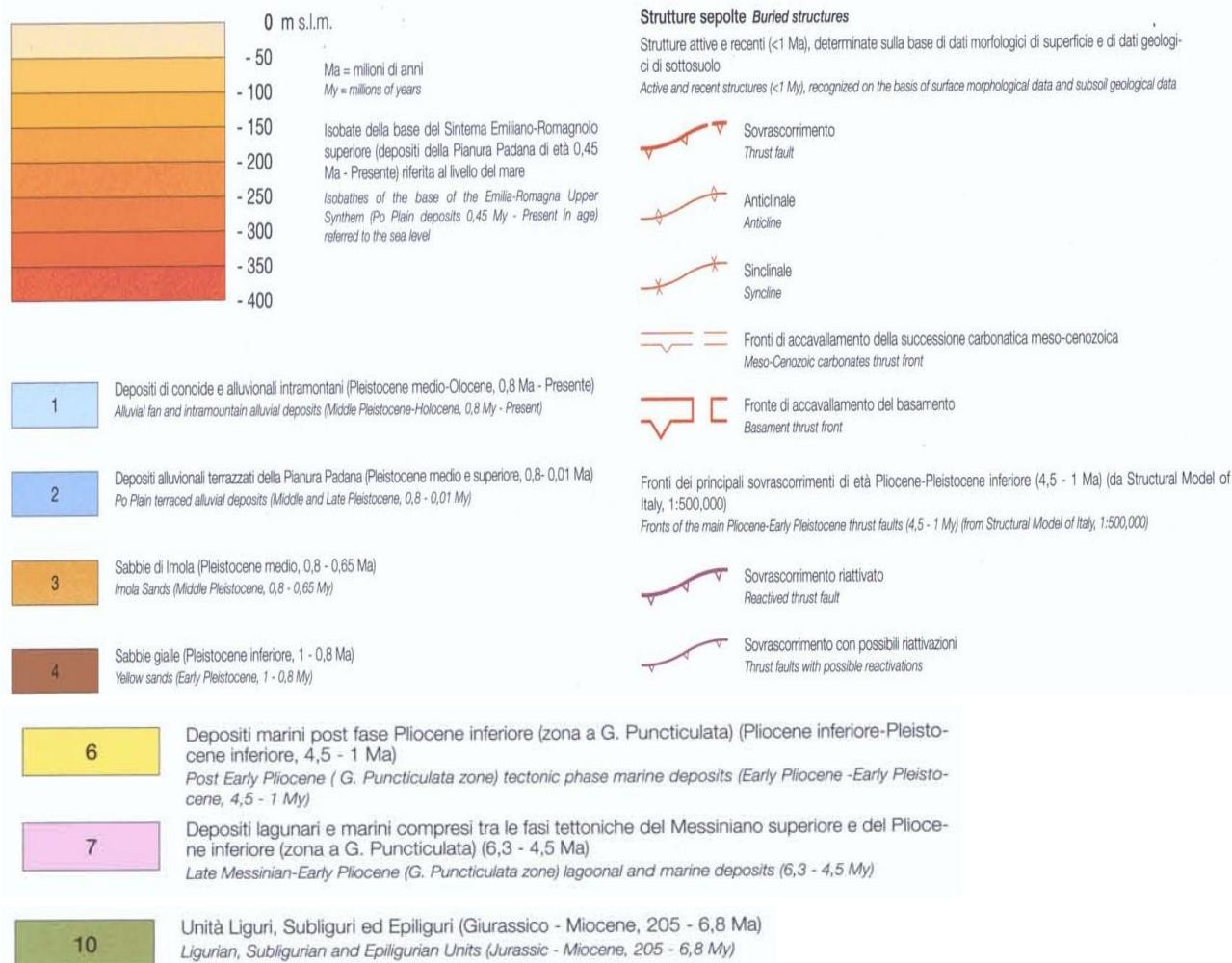
$$\text{Bagnolo in Piano } a_g = 0,125 \div 0,175 \text{ g}$$

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

Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna n° 564/2021, corrisponde mediamente, per il comune di Bagnolo in Piano, a:

$$a_{gref} = 0,150$$





Strutture affioranti Outcropping structures

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

Sovrascorrimento
Thrust fault

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

Sovrascorrimento di età Miocene-Pliocene inferiore successivamente riattivato
Reactivated Miocene-Early Pliocene thrust fault

Faglia trascorrente
Strike-slip fault

4.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Bagnolo in Piano 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 dell'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico; a tali condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo che interessano prevalentemente i primi 100/200÷250 m del sottosuolo.

La dinamica temporale degli abbassamenti dei terreni in superficie indica una progressiva diminuzione delle entità della subsidenza dal 1966 al 2021, (ARPAE; www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id20512 divello = 1423).

Nel 1996/2000 i valori degli abbassamenti risultavano compresi 2,5/5 mm/anno con tendenziale prevalenza dei parametri minori; in detto periodo i medi maggiori di -5/-7,5 mm/anno individuavano l'area settentrionale centrale di San Tommaso – Santa Maria; i massimi caratterizzavano l'estremità orientale ad est di San Michele al confine con Correggio nella quale corrispondevano a -10/-20 mm/anno.

Nel successivo quadriennio 2002/2006 si evidenzia un incremento del tasso di subsidenza territoriale che nella prevalente parte dell'area comunale si attesta a -5/-7,5 mm/anno e assume i valori minori -2,5/-5 mm/anno nella fascia sud nord tra il T. Tassone e la SP 3. Similmente alla fase precedente gli abbassamenti maggiori contraddistinguono la zona a est di San Michele caratterizzata da valori di -10/-15 mm/anno, in moderata diminuzione rispetto al 2.000; analoghi parametri equivalenti a -7,5/-15 mm/anno insorgono nel settore sud occidentale tra la parte meridionale del capoluogo e il confine con Reggio Emilia.

Il successivo quinquennio 2006/2011 è caratterizzato da una diminuzione della subsidenza che nella prevalente superficie comunale corrisponde a -2,5 mm/anno; valori di -5/-7,5 mm/anno contraddistinguono la parte meridionale del territorio, con massimi relativi di -5/-10 mm/anno nella zona meridionale: sud capoluogo – confine con Reggio Emilia; equivalenti valori di -5/-7,5 mm/anno evidenziano le zone di San Tommaso e l'estremità orientale al confine con Correggio con diminuzione in quest'ultima rispetto alle annualità precedenti.

Nel seguente quinquennio 2011/2016 il tasso di subsidenza diminuisce decisamente attestandosi a 0/2,5 mm/anno nella prevalente parte della superficie comunale con minimi di 0 mm/anno nella fascia sud nord tra il T. Tassone e la SP 3; similmente al periodo precedente la zona meridionale: sud capoluogo – confine con Reggio Emilia denota i massimi relativi equivalenti a -5/-7,5 mm/anno e nell'area di San Tommaso i valori corrispondono a -2,5/-5 mm/anno; in questo periodo si differenzia rispetto a quelli precedenti il settore orientale San Michele – Correggio nel quale si riscontrano i minimi territoriali di 0/-2,5 mm/anno.

Nel 2016/2021 la netta prevalenza della superficie comunale è caratterizzata da abbassamenti di -2,5/-5 mm/anno con minimi di 0/-2,5 mm/anno all'estremità orientale San Michele – Correggio. Similmente alle precedenti fasi temporali i massimi relativi di -5 mm/anno contraddistinguono la parte meridionale del territorio comunale: sud capoluogo confine con Reggio Emilia evidenziando un incremento del tasso di subsidenza rispetto al 2011/2016, influenzati dai più accentuati abbassamenti della zona produttiva di Mancasale nella quale si attestano a -7,5÷-10/-15 mm/anno.

Analoghe condizioni si riscontrano nella parte settentrionale del territorio comunale nella zona dell'area a destinazione produttiva di San Tommaso nella quale gli abbassamenti incrementano a -5/-7,5 mm/anno.

La dinamica temporale del tasso di subsidenza evidenzia che precedentemente al 2000 e con attenuazione, anche nel 2006, gli abbassamenti relativi maggiori del suolo caratterizzavano la parte orientale del territorio comunale al confine con Correggio.

Considerando che in detta zona gli spessori del *Supersintema Emiliano Romagnolo Superiore e Inferiore* assume i locali valori minori, che il substrato pliocenico si rinviene alle profondità minori (1050 – 1120 – 1550 m) e che è presente il campo pozzi per idrocarburi di Correggio, si evince che una significativa influenza sugli effetti di subsidenza è correlata alle estrazioni di idrocarburi dal sottosuolo effettuate nel sopracitato periodo che era successivo alla seconda crisi energetica degli anni 1980/1990.

I valori relativi territoriali successivi al 2006 tendenzialmente maggiori nella parte meridionale dell'area comunale: sud del capoluogo – confine con Reggio Emilia, concorda con l'incremento in spessore delle sequenze che formano il *Supersintema Emiliano Romagnolo* e l'approfondimento del tetto del *Pliocene* e del substrato pre-pliocenico; in detto settore sono inoltre presenti zone a destinazione produttiva nelle quali si riscontrano diffuse opere di estrazione idrica dal sottosuolo; ad analoghe condizioni è correlabile l'aumento degli abbassamenti da -5 mm/anno a -5/-7,5 mm/anno registrati all'intorno della zona a destinazione produttiva di San Tommaso della Fossa.

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 ÷ 20/30 m che circoscrivono il pozzo, per emungimenti idrici forzati in disequilibrio con le potenzialità dell'acquifero freatico.

4.4 Assetto strutturale depositi del quaternario continentale

Gli assetti delle successioni alluvionali continentali, nell'area compresa Cavo Tassone/Torrente Crostolo ad ovest, via Fornacelle (Correggio) ad est, delimitata a sud dall'Autostrada del Sole ed a nord dalla SP 68 via Ponte Forca, evidenziano l'influenza sulle geometrie deposizionali correlate sia alla conformazione del substrato pre-pliocenico che quello pliocenico, degli sovrascorrimenti e faglie che li interessano, delle attività tettoniche pleistoceniche.

Tali fattori hanno determinato condizioni differenziate nelle geometrie degli ambienti deposizionali ai quali sono conseguiti diversi spessori delle unità alluvionali.

Questi ultimi si sono ripercossi sulla subsidenza per processi di auto-consolidazione dei sedimenti, che hanno generato accentuato le deformazioni in modo più o meno pronunciato in funzione dello spessore ed età delle successioni continentali.

4.4.1 Sub Sistema AES8a/8

Il complesso deposizionale più recente AES8a/8 è caratterizzato da geometrie dei corpi sabbiosi a sviluppo prevalente nastriforme. Nel territorio di Bagnolo in Piano è contraddistinto da spessori mediamente compresi tra 18 e 22 m che aumentano in direzione orientale, ed in pratica evidenzia l'assenza di deformazioni correlabili a fattori tettonici o processi subsidenti accentuati; le differenziazioni laterali e verticali che lo caratterizzano sono sostanzialmente connesse alle variazioni climatiche che hanno interessato il bacino padano nell'*Olocene*: attuale /10.000÷12.000 anni bp; in detto periodo hanno influito in modo pronunciato le fasi di recrudescenza climatica tra 10.000/14.000 anni, quella tra 8.300/7.000 anni bp e la fase tra 4.000 e 4.600 anni bp, alle quali si sono associate ingressioni marine, che hanno indotto condizioni di diffuso impaludamento nella pianura padana.

4.4.2 Sub Sintema AES7

Simili caratteristiche evidenziano le sequenze deposizionali AES7 (10/14.000÷125.000 bp) con spessori di 50÷60 m nelle zone centrali del territorio (Bagnolo in Piano – Cà del Bosco) e territorialmente in direzione nord est (Rio Saliceto – Campagnola Emilia) tendono gradualmente a diminuire in potenza sino a ridursi a 40/50 m nei settori di Novi MO – Carpi nord; gli spessori aumentano a 60/75 m in direzione nord ovest.

Nel territorio di Bagnolo in Piano presenta mediamente spessori di 50/55 con i valori che diminuiscono in verso meridionale ed orientale e aumentano in verso nord occidentale.

In detta zona l'unità in oggetto denota un assetto blandamente convesso della base che indica la probabile influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano in questo periodo. Le blande modificazioni alla base tendono ad essere più evidenti nelle zone orientali e centrosettentrionali del territorio comunale; le geometrie in narrativa dipendono da processi di subsidenza differenziata.

Tali deformazioni indicano una moderata accentuazione nei settori orientali in corrispondenza della locale culminazione assiale della Dorsale Ferrarese interna (San Michele della Fossa – Fosdondo).

La base del subsistema nell'area di Bagnolo In Piano si attesta a profondità di -70 m nelle zone meridionali e si approfondisce a -80 m pc nella parte settentrionale, si innalza a -70 m pc nelle aree meridionali, in direzione delle conoidi appenniniche, e nelle zone orientali centrali corrispondenti alla fascia assiale della Dorsale Ferrarese.

4.4.3 Sub Sintema AES3

Le sequenze deposizionali AES3 (125.000÷200/220.000 anni b.p) presentano assetti simili alle sequenze AES7 caratterizzandosi con spessori inferiori mediamente compresi tra 40 e 50 m che si assottigliano a 30/25 m nel settore orientale di San Michele – Fosdondo, corrispondente alla fascia assiale della Dorsale Ferrarese, e assume le potenze maggiori di 50 m nella zona

settentrionale orientale; procedendo in direzione nord nella parte sud del territorio di Novellara diminuisce gradualmente a 30 m e si riduce circa a 20/25 m al confine orientale con il medesimo.

L'unità denota una moderata influenza di deformazioni correlabili a sia a processi tettonici che di subsidenza differenziale per auto-consolidazione; detti assetti evidenziano inclinazioni relativamente più accentuate e maggiori spessori nelle aree occidentali settentrionali e in quelle orientali e nei territori a nord, contestualmente mostra assetto sub orizzontale e minore potenza nel settore orientale centrale in corrispondenza della fascia assiale della Dorsale Ferrarese.

La base del subsistema nell' area di Bagnolo in Piano si rinviene generalmente sino a -100÷-120/-130 m dal piano campagna.

4.4.4 Sub Sintema AES

Con questa successione (200/220.000÷350/450.000 anni bp) si delineano assetti deformativi correlati alle maggiori o minori distanze dalla fascia di asse della Dorsale Ferrarese ed al suo progressivo incremento in profondità in direzione sud ovest (Reggio Emilia), ovest (Cà del Bosco S.) ed est (Carpi); contestualmente nella sua parte medio basale, si evidenziano influenze di fattori tettonici; con l'approfondimento di detta Dorsale in verso meridionale sino alla via Emilia non si evidenziano significative deformazioni e si riscontrano progressive diminuzioni in spessore.

Le sequenze deposizionali sabbiose nella parte inferiore del sintema nel settore occidentale (Cà del Bosco Sopra) sono contraddistinte da minori spessori e percentuali rappresentate molto inferiori, mentre nella zona orientale (Correggio) la presenza dei corpi sabbioso ghiaiosi è circa equivalente e più rappresentata percentualmente in tutto il subsistema. Con l'allontanarsi della fascia di asse della Dorsale Ferrarese e concordemente con il suo approfondimento, detta unità aumenta in potenza a 110 m in senso nord ovest con tetto che si immerge a -250/-260 m pc in territorio di Cadelbosco di Sopra e ad analoghe quote nelle zone nord occidentali di Novellara – Guastalla; similmente a nord est nell'area Novellara – Reggiolo si approfondisce a -240/-260 m pc; ad oriente nel carpigiano si approfondisce a -220/-240 m pc; in verso meridionale nel reggiano diminuisce in profondità a -210/-220 m pc.

Le geometrie dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni relative maggiori nelle parti centrali orientali del territorio: Bagnolo in Piano est – Correggio nord ovest– Novellara sud est, appartenenti alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese, nella quale la base del *Pliocene* si approfondisce progressivamente da -2,5÷-3,0 km (Bagnolo in Piano – Correggio – Novellara) a -4,0/-5,0 km (Bagnolo in Piano sud – Reggio Emilia), a -3,0/-4,0 km (Correggio– Novellara); ad occidente di Cà del Bosco Sopra incrementano sia le pendenze che gli spessori e successivamente allo sovrascorrimento Cella – Novellara, si immerge a -7,0/-7,5 km; simili profondità si riscontrano 11 km ad oriente di San Michele dove detto substrato si attesta a -6,5/-7,5 Km. Nella zona di asse della Dorsale Ferrarese le profondità del tetto e della base di AES sono minori: rispettivamente -120 m pc e -200 m pc, ad occidente corrispondono a -110/-120 m pc e -220/-230 m pc, a oriente equivalgono a -100/-120 m pc e -200 m pc;

contestualmente a quanto esposto le unità sabbiose evidenziano deformazioni che da assetti orizzontali – sub orizzontali passano a inclinazioni di $1^\circ \div 1,5^\circ$.

Un'analoga condizione si osserva nelle zone a nord – nord ovest di Novellara, nelle quali con l'allontanamento della fascia di asse di detta Dorsale gli spessori incrementano a 100/130 m e la profondità della base si attesta a -250/-260 m pc e la parte basale evidenzia assetti deformati con immersione di $2^\circ \div 2,5^\circ$ a nord.

Analogamente le caratteristiche geometriche territoriali del subsintema AES si modificano nel settore a nord est di Rio Saliceto – confine ovest di Carpi.

In queste ultime i corpi sabbioso ghiaiosi sono discontinui e sfalsati in senso verticale. Tali discontinuità evidenziate in prospezioni geofisiche profonde (F.C. Molinari; 2016) che oltre alla parte basale di AES, risulta coinvolgano anche tutta la successione deposizionale sottostante AEI ed anche porzione del *Pliocene* inferiore sino ad almeno -200/-250 m dal piano campagna.

Dette condizioni, che ad oriente innalzano la base di AES a -150/-160 ÷ -110/-120 m pc con minore profondità in verso settentrionale e dell'AEI a -220/-250 ÷ 170/-180 m pc nel medesimo senso, in relazione al contesto strutturale nel sottosuolo del territorio a est-nord est di Rio Saliceto, est di Fabbrico, ovest di Carpi, sono correlabili a faglie distensive di “collasso cretaceo” (F.C. Molinari, 2016) e pare abbiano indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

In rapporto ai cicli deposizionali interessati da dette faglie: parte medio basale di AES, tali processi tettonici sono probabilmente correlabili alla fase di attività che si è sviluppata nel bacino padano tra 220.000 e 260.000 anni bp, come osservato nel territorio ferrarese (F.C. Molinari et Alii: Servizio Geologico Sismico e dei Suoli R.E.R., Università degli Studi di Ferrara, Provincia di Ferrara, 2007) e in base agli assetti blandamente convessi delle unità sovrastanti anche negli ultimi 125.000 anni (F.C. Molinari, 2016 – AA.VV. F° 185 Mirandola, 2024)

Gli effetti correlati all'assetto del substrato ed ai fattori tettonici in detta zona hanno determinato spessori della successione AES che, ad esclusione di AS7, variano da 110/120 m a 50/80 m, con assottigliamento in direzione nord est e che si riducono ulteriormente a 30/40 m nella zona di Novi MO, dove si attestano a profondità di 70/60 m a sud e di 40 m a nord dell'area comunale; i corpi sabbiosi di detta sequenza evidenziano geometrie con immersione di $0,8 \div 1,7^\circ$ a sud e ad ovest.

Nel settore ad occidente della fascia di faglia che si sviluppa nella parte nord ovest del territorio di Carpi, le deformazioni si accentuano sensibilmente in verso orientale con approfondimento della base di AES a -180/-150 m pc e di quella di AEI a -270/-300 m pc, con diminuzione in verso settentrionale, ed inclinazioni di $1,5^\circ$ in direzione est.

4.4.5 Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI

Le sequenze del Sintema AEI, parte più antica del *Supersintema Emiliano – Romagnolo* (350/450.000 ÷ 650.000 anni bp), sono contraddistinte da geometrie deposizionali deformate; queste ultime sono correlate sia dall'assetto del substrato pliocenico – pre-pliocenico che alle linee di sovrascorrimento e faglie che li coinvolgono e loro periodi di attività, a subsidenza differenziata per processi di auto-consolidazione.

Le caratteristiche deformative generali denotano un elevato grado di similitudine con la parte medio basale del sintema sovrastante.

Nell'area in esame gli spessori maggiori sono rilevabili nel territorio a nord ovest di Bagnolo in Piano: Novellara – Guastalla e con potenze moderatamente inferiori nelle aree occidentali e meridionali. Nei settori a nord ovest assume potenze di 120/140 m e il tetto si attesta a -240/-260 m pc; nelle zone occidentali e meridionali, Cà del Bosco Sopra – Reggio Emilia nord; gli spessori oscillano tra 110÷120 m e le profondità del tetto si immergono a -220÷-240 m pc.

Nel territorio a nord ovest le unità sabbioso – ghiaiose presentano inclinazioni di $1,5^{\circ} \div 2,0^{\circ}$ in direzione ovest che si accentuano a $2,0^{\circ} \div 2,5^{\circ}$.

Nei settori centrali dell'area in esame, Bagnolo in Piano est – Correggio ovest – Campagnola Emilia, corrispondenti alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese, le deformazioni, spessori e profondità del tetto e della base sono relativamente minori ed equivalgono rispettivamente a potenze di 80/90÷100 m e a soggiacenze -200 m pc tetto, -280/-290 m pc base. Nel territorio ad oriente di Bagnolo in Piano, est di Rio Saliceto – ovest di Carpi, le deformazioni si accentuano ed i corpi sabbiosi sono discontinui e tra loro sfalsati, evidenziando la prosecuzione in profondità della faglia individuata nel sottosuolo della superficie nord occidentale del territorio carpigiano; in quest'ultimo l'inclinazione dei livelli sabbiosi è orientata ad est e varia tra $2,0^{\circ}$ e $2,6^{\circ}$.

Dette condizioni determinano oltre alle discontinuità laterali, diminuzione degli spessori a 80/70 m in direzione nord est che successivamente con l'approssimarsi alla zona di culminazione dell'asse della Dorsale Ferrarese nell'area di Novi MO – Mirandola evidenziano ulteriori riduzioni a 50/30 m. Spessori 70/80 m contraddistinguono le successioni di AEI nella fascia allungata sud nord tra l'A22 e settore orientale del comune di Rio Saliceto e a nord est di Correggio, nella quale i corpi sabbioso ghiaiosi denotano dislocazioni di 50/60 m che innalzano la base del sintema in narrativa a -260÷230 m pc con diminuzione in verso settentrionale.

4.4.6 Sintema Quaternario Marino Superiore

I corpi sabbiosi del *Quaternario Marino Superiore* (0,65/0,75÷0,8/1,0? Ma) evidenziano assetti deformati correlabili a fasi di attività tettonica ed a subsidenza differenziale, che sono relativamente maggiori nelle zone di sottosuolo che corrispondono alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese e si attenuano sensibilmente sia in direzione sud ed ovest che nord ovest nelle quali le sequenze argilloso limose – sabbioso ghiaiose denotano moderata variabilità laterale degli spessori e graduale incremento della profondità, contestualmente i corpi sabbioso ghiaiosi assumendo inclinazioni di $2^{\circ} \div 2,5^{\circ}$ in verso occidentale e di $2,5^{\circ} \div 3^{\circ}$ in direzione nord occidentale nel territorio nord ovest di Novellara.

Gli assetti deformativi si rimarcano nel territorio 15/16 km a est del centro storico di Bagnolo in Piano, nel settore nord ovest del carpigiano, nel quale le discontinuità laterali e dislocazioni dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni correlate alla presenza di una faglia.

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'analisi geomorfologica in funzione dell'esame della passata evoluzione territoriale, utilizzando criteri attualistici, consente di indicare le possibili modificazioni morfologico paesaggistiche naturali future (cfr. tav. 1.2)

Detta disamina è stata redatta mediante un'analisi delle caratteristiche del micro rilievo (elaborazione DTM 5x5 m RER, isoipse 0,5 m), della fotointerpretazione litologica, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, dei sondaggi geognostici, delle prove penetrometriche, delle prospezioni geofisiche, delle basi topografiche IGM relative al Primo Impianto 1881, della Carta del Ducato di Modena 1821–1828 G. Carandini, delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche.

L'analisi foto-interpretativa 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, alle foto satellite LANSAT in scala 1: 50.000 e alle riprese consultabili in rete su *Google Heart* e all'esame topografico delle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1: 25.000.

L'analisi del micro-rilievo, unitamente al numeroso incremento dei punti di indagine geognostica dal 2015 al 2024 eseguiti nel territorio di Bagnolo in Piano, ha consentito una definizione più dettagliata rispetto alle elaborazioni precedentemente effettuate.

5.1.1 Caratteri Geomorfologici

Il territorio di Bagnolo In Piano compreso tra la A1 (3,4 km sud) e la SP 68 (nord) appartiene alla fascia della Media Pianura Padana Appenninica costituitasi tra l'area dei conigli alluvionali pede-appenninici, zone a sud della Via Emilia, e l'area di dominio del Po, fascia territoriale a settentrione: nord Novellara – Fabbrico – Novi di MO, formata dai depositi dei fiumi appenninici, che hanno colmato il golfo padano.

Le trasformazioni del paesaggio padano sono correlate all'accentuata instabilità climatica e suoi cambiamenti degli ultimi 1,2 Ma; detto periodo è stato caratterizzato dal succedersi di cinque importanti fasi glaciali/interglaciali alle quali si sono sommate influenze dei fattori tettonici. A questi nell'*Olocene* (10.000/12.000 anni b.p./attuale) si sono sovrapposti gli effetti dell'azione antropica progressivamente incrementata.

L'accrescimento della parte più superficiale del sottosuolo: AES8 (15/25 m) nell'area padana è principalmente correlato ai radicali cambiamenti climatici avvenuti negli ultimi 20.000 anni. In precedenza, nell'ultima intensa fase glaciale: *Würm*, il livello medio del mare si era abbassato di 120/130 m rispetto a quello attuale determinando la generale migrazione degli assi idrici appenninici in direzione orientale – sud orientale e quella del delta del Po tra Ancona e Pescara. Successivamente, dal termine di detta fase, il progressivo innalzamento del livello medio del mare, avvenuto con fluttuazioni variabili con massima crescita circa tra 7.500 e 6.000 anni bp ha determinato, unitamente a fattori tettonici, la generale migrazione degli assi idrici appenninici in direzione occidentale.

Quanto esposto concorda con l'assetto geometrico dei complessi ghiaiosi delle conoidi dei fiumi appenninici principali Parma – Enza – Secchia – Panaro – Reno, che

sono maggiormente sviluppate ad oriente rispetto alla posizione attuale dei loro alvei.

Tra 5.000 e 1.000 anni bp: *Neoglaciale*, sono documentate fluttuazioni positive e negative del livello medio del mare rispetto a quello attuale, di entità molto più modesta rispetto a quella precedente 6000 anni bp, che stimano un innalzamento di 2/3 m circa tra 3600 e 4000 anni bp; in epoche successive sono valutati abbassamenti di circa -1 m tra 2700 e 3100 bp, innalzamenti di circa 1 m tra 2600 e 2100 bp; nei periodi seguenti le fluttuazioni sono stimate estremamente modeste con una limitata decrescita durante il *Piccolo Glaciale*: 1500÷1850 d.C.

Negli ambiti planiziali, i fiumi, ad assetto pensile, svolgono prevalentemente un'azione sedimentante per colmare le aree più depresse. Ne consegue che in occasione delle variazioni climatiche con aumento delle temperature comportanti fenomeni di piena fluviale, si generano rotte e/o tracimazioni che causano la mutazione nelle direzioni degli alvei. I tratti residui di fiume così originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del reticolo idrografico.

Da tali condizioni ne deriva che le distribuzioni litologiche di superficie evidenziano nelle componenti granulometriche sabbiose – sabbioso limose ambienti sedimentari ad energia idrodinamica discretamente alta, tratti di canale fluviale, mentre le aree costituite da litotipi argilloso limosi definiscono settori di bassa energia a sedimentazione lenta concordanti con ambienti palustri.

Da ciò si evince che i corsi d'acqua naturali, una volta raggiunto un determinato livello sui terreni a loro circostanti, tendono ad esondare in occasione di variazioni climatiche con forti aumenti delle piovosità, mutando il loro corso, colmando le aree più depresse di intralveo. In queste ultime si ha inoltre un contributo all'incremento del dislivello tra fiume e piana poiché i sedimenti fini che le costituiscono sono soggetti a costipamenti di entità maggiori rispetto ai litotipi formanti i corpi fluviali.

Il modello d'accrescimento generale e graduale della pianura, caratterizzato da una condizione di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo, che, per cautelarsi dalle alluvioni, 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.

Dette caratteristiche evolutive concordano con le emergenze morfologiche presenti nel territorio di Bagnolo In Piano.

La superfice comunale è contraddistinta da una conformazione pianeggiante con ondulazioni ad ampio raggio allungate in senso sud nord che si caratterizzano con un dosso topografico estendentesi in modo sub parallelo alla SP 3; nel settore orientale centro meridionale si evidenzia una simile conformazione che da San Michele della Fossa si orienta a sud est in direzione di Fosdondo e successivamente a quest'ultimo ad est verso Correggio.

L'assetto morfologico di Bagnolo In Piano è inoltre movimentato da altri dossi minori.

Dette strutture topografiche, le componenti litologiche e le caratteristiche del micro-rilievo palesano una loro genesi legata ad antichi tracciati di canale fluviale naturale, come evidenziato nella carta geologico tecnica che denota un prevalente orientamento degli antichi percorsi fluviali estinti in senso sud – nord.

Questi ultimi conseguono dalle divagazioni fluviali dei fiumi appenninici e del Po, derivate sia dalle variazioni climatiche avvenute in passato che, con tutta probabilità, da movimenti tettonici che hanno interessato la Dorsale Ferrarese (Veggiani A., 1974; Diss 3.3.1, 2023).

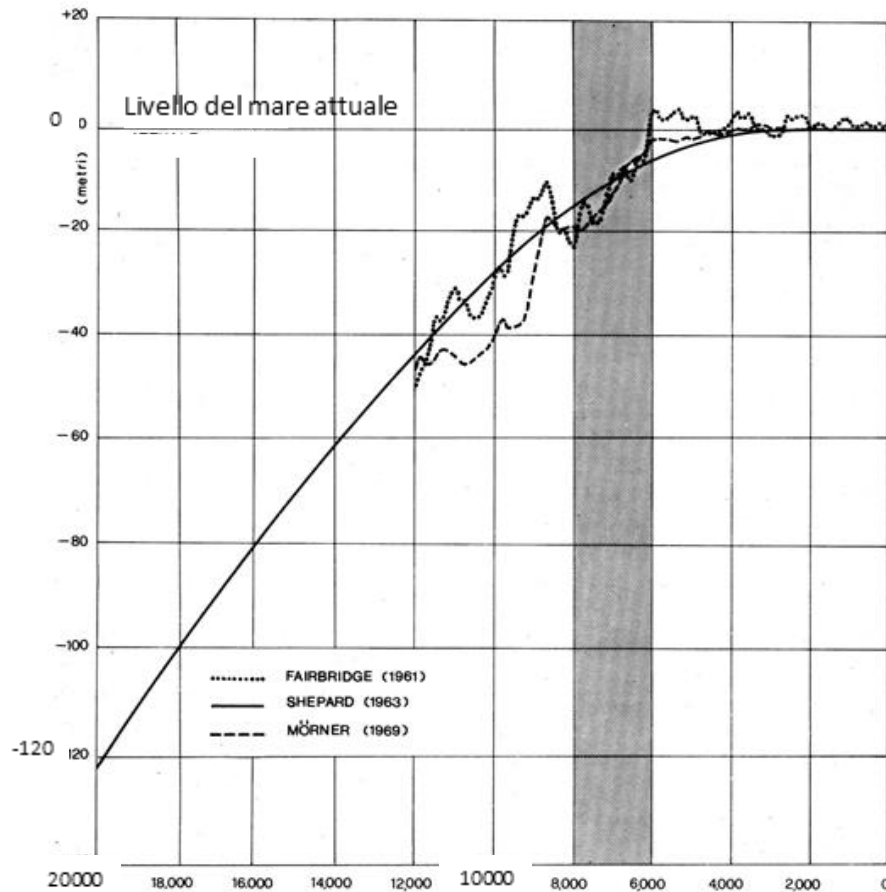
I percorsi fluviali estinti presenti nel territorio di Bagnolo in Piano sono principalmente attribuibili al Crostolo che, circa sino al XII secolo d.C. quindi prima della rotta di Ficarolo avvenuta tra il 1152 ed il 1192 (Ciabatti; 1966), nelle zone di media pianura sembra coincidesse (M. Cremaschi, A. Marchesini; 1980) per un tratto con gli attuali percorsi del T. Rodano e del Canalazzo Naviglio Tassone. Successivamente deviando verso oriente confluiva al Po nei pressi di Bondeno di Ferrara (Veggiani, 1974).

L'assetto geomorfologico del territorio di Bagnolo in Piano presenta caratteristiche differenziate tra il settore centrale – orientale centrale e quelli occidentali – nord occidentali e sud orientali.

Gli ambiti a conformazione convessa sono contraddistinti da quote mediamente comprese tra 28 e 31 m slm e con pendenze trasversali generalmente variabili tra $3 \div 4/5$ ‰ e longitudinali di $1 \div 1.3$ ‰ e sono costituiti da depositi di canale fluviale estinti, e fasce ad esse latitanti; in dette zone sono presenti alternanze che contengono strati sabbiosi lentiformi con spessori che variano da $2 \div 3$ m a $5 \div 6$ m e si assottigliano in senso trasversale (ovest – est) più o meno gradualmente, con incremento nelle percentuali rappresentate limoso sabbiose – limoso argillose che sostituiscono progressivamente le componenti più grossolane sino a diventare nettamente prevalenti.

I settori nord occidentali, occidentali centrali e meridionali occidentali, sono caratterizzati da quote comprese tra 23 e 29 m slm e nelle aree ad ovest della SP n° 3 Reggio-Novellara assumono pendenze $0,6 \div 1.0$ ‰ orientate a nord; in tali zone nei primi $10 \div 15$ m del sottosuolo prevalgono nettamente componenti argillose – argilloso limose correlabili ad ambienti a sedimentazione molto lenta, sede di stagnazione palustre, attribuibili alle valli di pianura.

Nelle zone ad oriente della SP. n° 3 le quote variano tra 28 e 32 m slm con pendenze del $1,2 \div 1,6$ ‰ che declinano in verso settentrionale e nella parte orientale centro meridionale sono prevalentemente formate da argille – argille limose di ambiente vallivo planiziale.



5.2 IDROGEOLOGIA

5.2.1 *Idrografia di superficie*

Il reticolo idrografico superficiale è costituito dalla rete della Bonifica dell'Emilia Centrale formata dai cavi e canali artificiali, appartenenti al bacino di scolo del fiume Secchia, che nel territorio di Bagnolo in Piano appartiene al sistema di scolo delle acque alte.

Il reticolo idrografico consegue da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante superficiale iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini, dal marchese Cornelio Bentivoglio ed infine dall'Ente di Bonifica Parmigiana Moglia. Quest'ultima, tra il 1920 ed il 1926, ha realizzato gli interventi che hanno consentito il recupero, per il tessuto produttivo agricolo, di vaste porzioni territoriali della media e bassa pianura.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientato prevalentemente in senso SW - NE nel quale i cavi di scolo principali, oltre al Torrente Tassone, sono i canali Bondeno e Diversivo Bresciana che raccolgono, ad est e ad ovest del Comune, le acque superficiali ad essi convogliate da una rete di canali minori. Tali assi idrici confluiscono al Collettore Acque Basse Reggiane che, a sua volta si riversa nel Canale Emissario dal quale le acque giungono successivamente all'Impianto di Sollevamento di S. Siro.

Analizzando la rete idrica superficiale si osservano differenze nell'organizzazione degli scoli minori, in funzione della parcellizzazione agraria, conseguente a preesistenze morfologico strutturali territoriali. Queste ultime possono coincidere con aree di antica sistemazione fondiaria che sfruttava tratti di antichi drenaggi naturali evidenziati da tracciati sensibilmente sinuosi.

In tale contesto assume una particolare importanza la qualità delle acque immesse in questi tratti di rete poiché le condizioni idrologiche – geomorfologiche determinano un interscambio tra le acque dei cavi e canali e la falda freatica sensibilmente attivo. Per quanto riguarda il confronto tra i bacini idrografici superficiali e quelli idrogeologici della falda freatica si osserva che frequentemente non si ha corrispondenza tra le zone di spartiacque superficiali e quelle degli assi idrici sotterranei principali.

In relazione all'efficienza attuale della rete di bonifica si riscontra un grado carente. Tale fatto consegue da varie cause quali le modificate condizioni del tessuto urbano ed agrario rispetto ai tempi della progettazione, 1920 – 1926, ed al progressivo dissesto idrogeologico dei bacini montani. Oltre a ciò, alcuni assunti sui quali è stata basata la precedente progettazione, come la possibilità di scarico a campagna delle acque nei periodi di troppo pieno dei cavi e canali, non sono oggi più accettabili. Infatti sia gli insediamenti civili ed industriali che le pratiche agricole non consentono più la sommersione di aree per periodi di 24÷48 ore a causa delle forti perdite economiche conseguenti. Sempre in tale contesto negli ultimi 20÷40 anni, si è verificato un sensibile aumento dei coefficienti idrometrici, una diminuzione dei tempi di corrivazione ed un abbassamento differenziale del piano campagna che a zone ha raggiunto anche i 40÷50 cm. Quest'ultimo ha generato gradi di rischio all'esondazione sensibilmente diversi in relazione alla rete idrica superficiale. I cavi delle acque alte sono generalmente pensili e di conseguenza una tracimazione degli stessi può innescare rotture arginali alle quali conseguirebbero fenomeni di alluvione simili a quelli dei fiumi naturali.

In base a quanto esposto si osserva che, a tratti, la rete di scolo idrico superficiale non soddisfa le esigenze idrauliche del territorio, data la presenza di aree a difficoltoso drenaggio e di zone ad irrigazione carente. Ne consegue che necessiterebbero interventi di adeguamento del sistema scolante superficiale.

Per quanto riguarda i fenomeni di esondazione avvenuti in passato, si riscontra che la prevista sistemazione idraulica dei cavi e canali renderà meno probabile il ripetersi di alluvioni sui settori meridionali e centrali del comune. In relazione a ciò si osserva comunque che gli interventi di regimazione idraulica di tale rete dovranno proseguire nel tempo ed essere continuamente aggiornati.

Analoga considerazione di adeguamento è estendibile alla rete fognaria urbana, localmente contraddistinta da ambiti di insufficienza come hanno evidenziato i fenomeni di allagamento in occasione di piogge critiche verificatisi nel capoluogo.

La riprofilatura di alcuni assi idrici superficiali, in precedenza attuata, come per il fosso che si estende sub parallelamente a via Fornaci, hanno in parte mitigato gli effetti di ambiti ad insufficienza idraulica. Tali lavori effettuati sulla rete scolante nel territorio, richiedono comunque ulteriori adeguamenti, come ad esempio per il Cavo Ariolo, in funzione degli interventi urbanistici che hanno determinato l'incremento delle aree impermeabilizzate.

5.2.1.1 Pericolosità idraulica

Esondazioni e allagamenti pregressi

L'analisi relativa agli eventi di esondazione o allagamento in occasione di piogge critiche è stata attuata in base ai dati del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale*, congiuntamente ad un dipendente della stessa residente a Bagnolo in Piano, ai censimenti di tali fenomeni effettuati dall'Ufficio Tecnico Comunale dal 1986 al 2000. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto del microrilievo e geomorfologico del territorio.

In relazione agli eventi di allagamento successivi al 1986, è sostanziale la distinzione tra le aree esondate da quelle allagate in occasione di piogge critiche o con difficoltoso drenaggio.

Per quanto riguarda i valori di queste ultime sono considerabili tali quelle con intensità maggiore di 45 mm/ora.

Detta differenziazione di pericolosità deriva dai diversi effetti prodotti da tali fenomeni.

Tracimazioni ed esondazioni da cavi e canali possono indurre spessori della lama d'acqua superiori a 0,5/0,6÷1 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 efficiente 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 Bagnolo in Piano che in passato sono state interessate da più processi di esondazione (tempi di ritorno tra 20 e 50 anni), individuano la parte di territorio nord occidentale tra il Diversivo Bresciana – Fosso Nuovo – Canale di Vico secco, la fascia latitante il Canale Beviera tra via Valli e confine comunale sud est, la fascia a sud della SP 47 tra C. Canossi/C. Cattania e incrocio SP 47/via Belaria; le aree esondate 1 volta hanno interessato principalmente la fascia ad oriente del cavo Ariolo e in modo meno esteso quella occidentale da La Vacchella al Diversivo Bresciana, la zona a oriente e a nord del T. Tassone – via Tassone – Cao Ariolo – via Canalazzo – Canale di Reggio, il territorio ad oriente di quest'ultimo sino alla Ferrovia Reggio-Mantova comprendente il settore meridionale orientale del capoluogo, la parte centrale settentrionale di quest'ultimo tra Canale Reggio III e la sopracitata ferrovia sino a La Fossetta ad esclusione della porzione occidentale centrale del capoluogo tra la SP 3 – Canale Reggio III – via Tassone/via Repubblica; equivalenti hanno coinvolto allagamenti le aree a nord e a sud di via Ronchi circa tra La Badia – confine est. la fascia adiacente al Cavo Bondeno coincidente con il confine comunale e che si estende a settentrione di via Ronchi sino a via Bondeno-San Michele, la striscia ai lati della Fossetta della Pieve circa da Ponte Frambole a San Tommaso della Fossa; il tratto del Cavo Sissa a sud della SP 68 Ponte Forca e la fascia a sud di quest'ultima tra Podere Concessione e C. Pietri che nella parte centrale latitante il Diversivo Bresciana è stato soggetto a 2 esondazioni. Le sopradescritte zone sono visualizzate nella Tav.14 Esondazioni e Allagamenti degli elaborati dell'analisi geologica del QC PSC 2008, al quale si rimanda.

5.3 Pericolosità Idraulica - PGRA

L'analisi relativa alle condizioni della potenziale pericolosità di allagamento o di esondazione del territorio al quale appartiene Bagnolo in Piano, è stata attuata in base agli elaborati del *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni Revisione 2025: PGRA 2027, ADBPO*. Oltre a ciò, si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio comunale di Bagnolo in Piano.

5.4 Reticolo idrografico naturale principale e secondario

La prevalenza del territorio comunale (Tav. 201 NO) ad eccezione della parte a ovest della SP 3 variante Bagnolo-Novellara, delimitata a nord dalla SP 68 Ponte Forca e a sud da via S. Antonio/via Vico Secco, per quanto riguarda il reticolo idrografico naturale primario e secondario, è esterna alla fascia c del PAI, non soggetta a vincoli.

Il sopra descritto settore nord ovest dell'area comunale è classificato zona L-P1: scarsa probabilità di alluvioni fino a TR 500 anni o scenari di eventi estremi, area compresa nella fascia C del PAI.

In detta zona in base all'Art. 31 comma 4 PAI compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti.

Analogamente, in riferimento al Reticolo Primario e Secondario naturale, la prevalente parte del territorio di Bagnolo in Piano non rientra nelle classi di pericolosità e di danno; il settore nord occidentale appartiene alla classe di danno potenziale D2 e classe di rischio R2 per quanto concerne locali aree edificate e alla classe D1, pericolosità R1, per le rimanenti parti del territorio.

5.5 Reticolo secondario artificiale di pianura

Relativamente al reticolo idrografico secondario artificiale di pianura (Tav. 201 NO) la prevalente parte del territorio comunale è classificata M-P2 (area di alluvioni poco frequenti: Tempo di Ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità). In dette aree (M-P2) sono da applicare misure indirizzate al principio dell'invarianza idraulica finalizzate alla salvaguardia della capacità ricettiva del sistema idrico e che contribuiscono alla difesa idraulica del territorio.

Sono inoltre presenti zone classificate H-P3 (alluvioni frequenti: Tempo di Ritorno tra 20 e 50 anni elevata probabilità) localizzate nella parte settentrionale occidentale del territorio: SP 68 – T. Tassone – via Vico Secco – Fosso Nuovo via Lazzari, area nord est capoluogo: est ferrovia Reggio Emilia/Novellara – est via Don Luigi Sturzo – nord via Beviera – ovest cavo Bondianella, la zona sud est capoluogo: sud via Beviera – nord via Valli – ovest canale Madonna dell'Olmo, fascia latitante Strada San Giovanni da San Michele Fossa a confine con Novellara

Per quanto riguarda il reticolo secondario l'area in esame appartiene prevalentemente alla classe di danno potenziale D1 e classe di rischio R1 ad eccezione delle locali aree urbanizzate/insediate delle sopradescritte zone H-P3 appartenenti alla classe di danno potenziale D2 e classe di rischio R2.

APSFR Torrente Crostolo – Aree Allagabili per rottura Arginale (PGRA 2027)

Le mappe delle *Aree a Rischio Potenziale Significativo: APSFR* del Torrente Crostolo, allagabili in presenza di brecce dell'asta arginata di detto asse idrico, relativi ad alluvioni poco frequenti di elevata probabilità, individuano l'assenza di condizioni di pericolosità nel territorio di Bagnolo in Piano per tutti gli scenari correlati a detti eventi.

In funzione di quanto precedentemente esposto sono da adottare le seguenti modalità di intervento:

- 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 adeguate cunette con bypass o fossi di scolo, 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 di completamento 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.
- Evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio: realizzazione delle pareti perimetrali e del solaio di base a tenuta d'acqua;
- Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

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 quelle di progetto e quando sussistano condizioni equivalenti a quelle sopra descritte.

In funzione degli andamenti meteoclimatici rilevati negli ultimi 30 anni e dei tempi intercorsi della realizzazione dei rilevati arginali, è opportuno siano continuate ed implementate le manutenzioni dal competente Consorzio di Bonifica.,

Per quanto riguarda possibili fenomeni di esondazione dell'area dal reticolo primario tali eventi risultano a scarsa probabilità in rapporto al periodo di ritorno atteso relativo a inondazione per piena catastrofica.

Relativamente all'evento esondante del 1979 che ha coinvolto il Comune di Bagnolo In Piano, si riscontra che i massimi assoluti di piovosità, avvenuti il 19/08/79, corrispondenti a 180 mm, si sono verificati in un periodo nel quale i cavi e canali erano al massimo delle capacità di invaso per soddisfare le esigenze di irrigazione e quindi nell'impossibilità di ricevere acque per lo scola.

Per quanto riguarda gli eventi di allagamento verificatisi nel 1992 nel capoluogo e nel suo immediato intorno, conseguenti a piogge con massima giornaliera di 75 mm e massima mensile di 143 mm, risulta che detti fenomeni sono conseguiti ad un inadeguato funzionamento della rete fognaria urbana.

Gli interventi di ripristino e manutenzione di quest'ultima, effettuati successivamente, hanno evitato generalmente il ripetersi di allagamenti dal 1992, ad eccezione del 1998 – 99.

Tali condizioni sono state affrontate e risolte, per quanto riguarda la parte meridionale del territorio comunale, in funzione della realizzazione degli interventi previsti in detto settore dell'area comunale del progetto della rete fognaria urbana redatto dal *Prof. Ing. Alberto Bizzarri*.

In relazione al grado di efficienza dei corpi arginali degli assi idrici superficiali, rilevazioni sul campo hanno evidenziato l'adeguata funzionalità degli stessi, ad eccezione di tratti degradati non visibili, data l'assenza di avvallamenti e depressioni significative.

In riferimento a quanto esposto ciò si osserva che dette strutture richiedono continue manutenzioni e ripristini dl competente Consorzio di Bonifica, per l'efficienza delle arginature dei canali.

5.6 Ambiente Idrico Sotterraneo

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

L'individuazione dell'assetto di quest'ultima e sue peculiarità, è stato effettuato in base al rilevamento pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni eseguite nel contesto delle analisi di QC.PSC 2008 e MS II 2012/2015 (*Centrogeo Survey snc*).

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

5.7 Definizione del sistema idrogeologico

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

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

Le formazioni superficiali che costituiscono gli orizzonti idrogeologici del sottosuolo della zona in oggetto sono rappresentate prevalentemente da sedimenti grossolani e fini ghiaie e sabbie che diminuiscono progressivamente nelle granulometrie passando dalle fasce pedemontane alla Pianura Padana, depositi dal T. Crostolo – T. Modolena – T. Rodano, dai fiumi appenninici e dal Po.

La base dell'acquifero, utilizzabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili, saturati da acque salmastre e/o salate.

5.8 Interfaccia Acque Dolci – Acque Salmastre/Salate

La base delle acque dolci, in relazione ai dati AGIP, SPI, ENI, IDROSER, RER, studio Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna, si localizza nel sottosuolo dell'area in oggetto a profondità mediamente comprese tra -400 e -450 metri dal piano campagna e tende ad essere meno profonda nelle zone settentrionali del territorio comunale dove è rinvenibile tra -400 e -350 m p.c.

5.9 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Bagnolo in Piano (RE) e delle zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da AGIP, dai dati contenuti in Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (R.E.R. – ENI – AGIP), dai dati del Servizio Tecnico dei Bacini affluenti del Po, settore di Reggio Emilia - Modena.

I caratteri litologico tecnici e l'assetto degli orizzonti acquiferi evidenziano che il sottosuolo del territorio di Bagnolo in Piano è suddivisibile in due unità a caratteristiche diverse. La prima, quella più superficiale che costituisce l'acquifero freatico, formato da livelli acquiferi di modesto spessore prevalentemente nastriformi e ad assetto spiccatamente lenticolare, è contraddistinta da una geometria d'insieme complessa nella quale le alternanze di orizzonti argilloso limosi, a livello territoriale, tendono a confinare i corpi sabbiosi sede di circolazione idrica. Tali condizioni non costituiscono però condizioni di falda protetta poiché in corrispondenza delle fasce di antico canale fluviale estinto o in prossimità di cavi e canali si ha il contatto praticamente diretto con le acque di circolazione e di filtrazione idrica dalla superficie.

La seconda unità è costituita dagli acquiferi confinati o artesiani, formati da un complesso essenzialmente impermeabile nel quale prevalgono nettamente le sequenze argilloso limose che assumono spessori rilevanti ed inglobano in subordinate strati sabbiosi, di minore spessore e ad assetto prevalentemente lentiforme.

Le caratteristiche di detta successione sono attribuibili all'Unità Idrogeologica della Media Pianura.

5.9.1 Serie Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da AGIP-ENI – RER, la successione sedimentaria dei primi 350÷400 m del sottosuolo (età *Pleistocene inf.* – *Olocene*) è localmente suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono sedimentati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e variazioni climatiche che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato complessi delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (Unconformity Bounded Stratigraphic Unit) e quindi in unità stratigrafiche. Queste ultime sono quindi unità cartografabili, che differiscono da quelle sottostanti e soprastanti per il fatto di essere separate da esse da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

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

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8a/8):

È correlabile prevalentemente a deposizioni di ambiente continentale di età olocenico pleistocenica superiore (10/12.000 – 20.000 anni b.p. fino all'attuale). Non evidenzia generalmente palesi influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di Bagnolo in Piano oscilla mediamente tra 18÷22 m ed assume potenze relative inferiori nelle zone a settentrione in territorio di Novellara 15/16 m, tendenzialmente incrementa nelle zone occidentali meridionali nelle quali si rinviene generalmente sino a - 22÷-23 m dal piano campagna.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica hanno geometria nastriforme contraddistinta da spiccato assetto lenticolare e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle componenti sabbiose nelle zone settentrionali e meridionali e con pronunciati incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni limose – limoso argillose nelle zone centro settentrionali dell'area comunale.

Dette componenti fini costituiscono fasce che limitano sensibilmente le velocità della circolazione idrica sotterranea orizzontale.

La diffusa presenza nei primi 4÷5/10 m del sottosuolo di litotipi argillosi determina frequentemente condizioni di falda acquifera confinata; tale caratteristica a scala territoriale è discontinua e pertanto l'acquifero freatico è, a zone, 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 nelle zone centrali, settentrionali e orientali, si riscontrano tra -4÷-5 e -7÷ 8/-10 m pc, -10÷-12 m pc localmente -14 -16 m pc.

Complesso Acquifero A1 (Unità geologica AES7):

È correlabile a deposizioni avvenute tra 10/14.000÷20.000 e 125.000 anni b.p. L'assetto blandamente convesso della base indica la probabile influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano; le blande modificazioni alla base tendono ad essere più evidenti nelle zone orientali e centrosettentrionali del territorio di comunale; oltre a ciò dette geometrie sono influenzate da processi di subsidenza differenziata.

Tale unità nel territorio di Bagnolo in Piano presenta spessori generalmente compresi tra 50 e 60 m, con potenze relative minori nelle zone orientali e centrosettentrionali corrispondenti in media a 50÷55 m; gli spessori più rilevanti si riscontrano nelle fasce occidentali: 60 m; si rinviene generalmente sino a -70 ÷ 80 m dal piano campagna.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado relativo di continuità laterale in tale unità, si riscontrano a profondità tra -23/-24 e -40/-45 m pc, a zone-55÷-60/-75 m p.c. queste ultime nelle aree a sud del capoluogo e nello stesso e nei settori orientali del comune.

Complesso Acquifero A2 (unità geologica AES3):

È correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. gli assetti blandamente dorsati dei depositi sabbioso ghiaiosi e della base denotano l'influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano in questo periodo; tali moderate deformazioni alla base dell'unità tendono ad essere più evidenti nelle zone orientali e centrosettentrionali (San Michele – San Tommaso della Fossa); oltre a ciò dette geometrie sono influenzate da processi di subsidenza differenziata dei depositi post pliocenici

Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 30 e 40/45 m che tendono ad essere più rappresentate in direzione occidentale (Cadelbosco di Sopra) e in direzione orientale settentrionale (Correggio – Novellara) le unità sabbiose tendono ad assumere spessori relativi maggiori; si rinviene generalmente sino a -100÷-120/-130 m dal piano campagna; le profondità massime della base si riscontrano nei settori orientali e nord occidentali (Correggio – Carpi – Novellara) quelle relativamente minori e meno accentuate nelle zone occidentali (Cà del Bosco Sopra), contestualmente evidenzia le profondità inferiori: -100 m pc, nella zona settentrionale orientale (San Michele – Santa Maria).

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità, si riscontrano a profondità tra -70/-75÷-80/-85 m pc e -100÷-110 m pc e tendono ad assottigliarsi in direzione sud ed est.

Complesso Acquifero A3/A4 (unità geologica AES)

La parte superiore, correlabile a deposizioni avvenute 200/210.000 e 300/350.000 anni b.p.; anni b.p. denota una moderata influenza di deformazioni connesse sia a processi tettonici che di subsidenza differenziale per auto-consolidazione; detti assetti sono

relativamente meno accentuati nelle aree occidentali e in quelle orientali e centrosettentrionali e si rimarcano nelle zone orientali: Bagnolo in Piano – Correggio. Tale complesso presenta spessori medi generalmente di 40/50 m con potenze relative tendenzialmente minori nella zona nord orientale corrispondenti in media a 30/40 m; si rinviene generalmente sino a 150÷160 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale si riscontrano a profondità tra -120÷-130 m pc e -130÷-140 m pc nelle aree a nord ovest est. Nel territorio di Bagnolo in Piano, Correggio ovest, Novellara, tale complesso non evidenzia la presenza di discontinuità correlabili a faglie.

La parte inferiore della successione evidenzia una influenza di deformazioni correlate ai movimenti tettonici del bacino padano tra 250/300.000 e 400.000÷450.000 anni b.p.; gli effetti prevalenti sono connessi a variazioni eustatiche e climatiche, le deformazioni relativamente più accentuate alla base dell'unità nelle zone a ad oriente e centrosettentrionali (San Michele – San Tommaso) sono inoltre influenzate da subsidenza per auto-consolidazione differenziata.

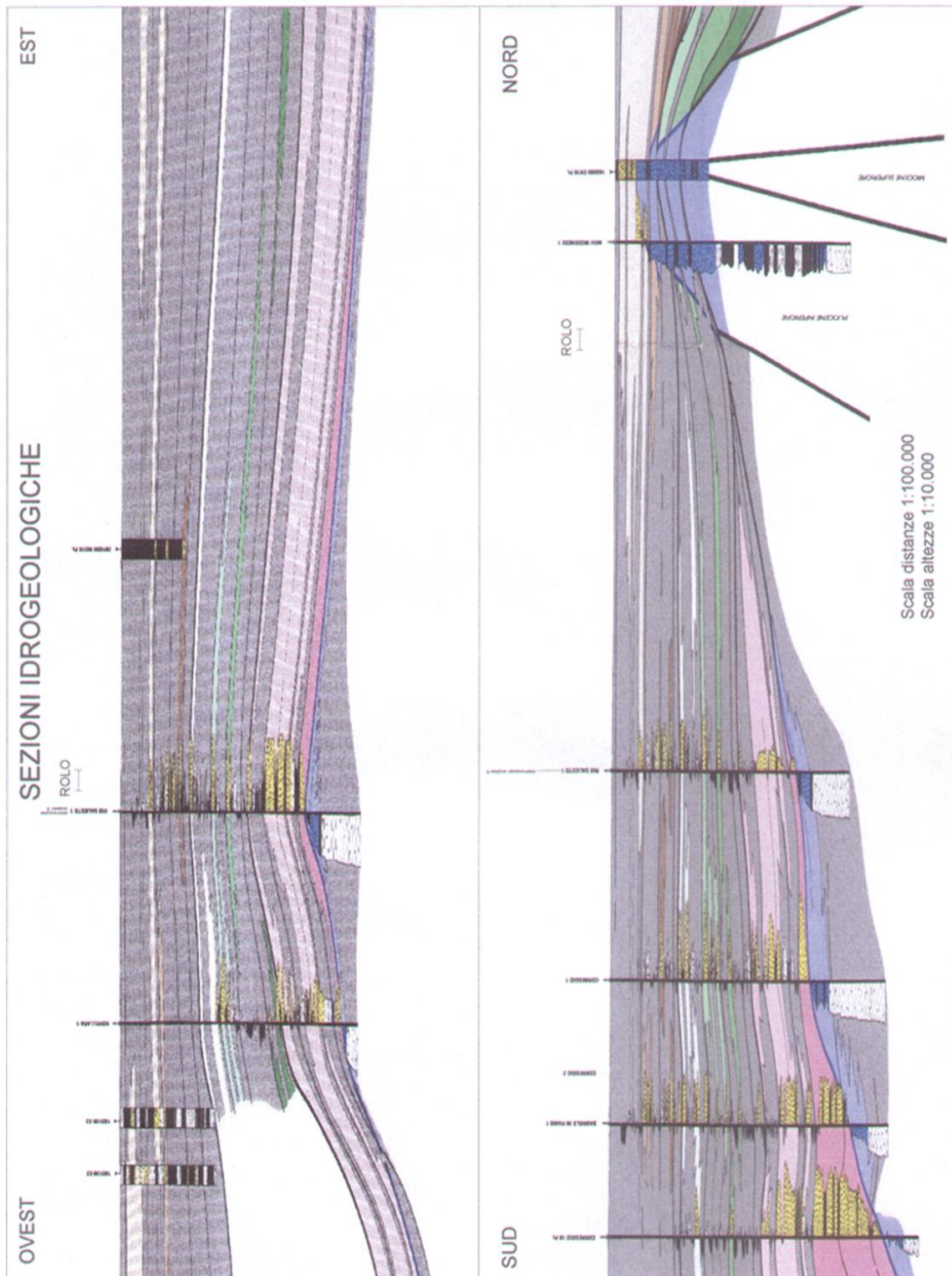
Tale insieme presenta spessori generalmente compresi tra 40 m e 50/70 m con potenze che incrementano sia in direzione settentrionale che meridionale ed occidentale; si riscontra tra le profondità di -150÷-160 m pc. e -200/210÷-220/-230 m pc ed assume le profondità maggiori nelle zone occidentali e nord occidentali, contestualmente evidenzia profondità e spessori relativi minori nel settore orientale centrale (San Michele – Correggio).

Gli insiemi che formano gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativo sono presenti prevalentemente tra -150÷-160/-170 m pc ed hanno spessore di 4÷6 m. Nelle zone ad oriente, ovest del territorio carpigiano, tale complesso denota discontinuità laterali per processi di faglia.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI): evidenzia sia alla base che al tetto significative influenze dei processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata essenzialmente a caratteristiche di ambiente deposizionale.

Nel territorio a cui appartiene Bagnolo in Piano è individuabile tra -200÷-220 m pc e -280/-300÷-320/-350 m pc.; le profondità relative minori del tetto si rinvencono nella zona orientale centro settentrionale: -200 m pc e si approfondisce nelle direzioni ovest: -260 m pc, est: -220/-230 m pc, e in modo più accentuato nelle aree a settentrionali occidentali: -370÷420 m pc e nord est -300/-320 m pc.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità -200/-210÷-220 m pc dove costituiscono il livello di transizione, con spessore di 5÷10 m, al soprastante complesso (AES); sono stati individuati anche altri livelli discontinui, con spessori di 5÷10 metri, a profondità variabili tra -250/-260 e -270/-280 m pc.



5.9.2 Conducibilità idraulica 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 nord con gli orizzonti dell'Unità Idrogeologica del Po; analoga condizione si evidenzia nei territori più a meridione (Reggio Emilia) nei quali procedendo in direzione sud gli orizzonti sabbiosi si congiungono con le unità Idrogeologiche delle Conoidi Alluvionali nelle aree a meridione della via Emilia.

Nel sottosuolo delle zone centro meridionali orientali, occidentali e settentrionali del territorio di Novellara, 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 sud. 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 (appennino) e della bassa pianura (Po) che contraddistingue le zone a settentrione dell'area comunale.

In base ai valori di trasmissività e permeabilità medi territoriali, pubblicati da *IDROSER-RER*, le unità sabbiose presenti nel sottosuolo di Bagnolo in Piano sono contraddistinte da valori equivalenti a:

$$- T = 1.2 \div 3.2 \cdot 10^{-4} \text{ mq/sec}$$

$$- K = 2.4 \div 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$$

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 100/240 m del sottosuolo, sussistono velocità di ricarica molto lenta.

I caratteri isotopici ed idrochimici di ARPA RER (*G. Martinelli et Alii*, 2014; *Journal of Hydrology*) 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 8.000 anni b.p.

5.10 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 alla campagna di misurazione del livello d'equilibrio nei pozzi accessibili presenti nell'area comunale effettuate nel contesto delle analisi di QC.PSC 2008 (*Centrogeo*).

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

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

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

5.10.1 Piezometria dell'acquifero freatico

L'assetto della superficie piezometrica (m s.l.m), evidenzia la geometria dei deflussi idrici sotterranei e fornisce parametri per la valutazione della pericolosità di liquefazione.

La conformazione della superficie piezometrica è condizionata, oltre che dall'andamento del substrato praticamente impermeabile, dai valori di trasmissività ($T = mq/sec$), dall'assetto topografico e dal reticolo idrografico superficiale.

La carta delle isopieze visualizza:

- ◆ Le quote in m s.l.m delle curve di livello dell'acqua nel sottosuolo
- ◆ Le modalità e direzioni di diffusione dei fluidi nel sottosuolo
- ◆ L'efficacia o la carenza dei sistemi di drenaggio o di irrigazione dal confronto con il reticolo idrografico superficiale
- ◆ Consente di definire le velocità di deflusso idrico sotterraneo, conoscendo i valori di permeabilità e di porosità efficace dei terreni.

5.10.2 Isopieze dell'acquifero freatico

Dall'esame d'insieme si evidenzia che le fasce sud occidentali e nord occidentali del territorio circostante il capoluogo, sono caratterizzate da linee piezometriche con concavità rivolta nel senso di moto della falda indicanti la presenza di assetto a falda conica convergente che si contraddistingue, nel settore meridionale, con un asse di drenaggio idrico sotterraneo a direttrice nord ovest – sud est estendentesi circa sub parallelamente all'allineamento Vacchella – La Corte – C. Alberini, nella zona nord ovest l'asse drenante si allunga sub parallelamente a via Fornaci (cfr. tav.1.8).

Analoga condizione a falda conica convergente si riscontra nel settore nord orientale del territorio esaminato, tra I Ronchi – Pieve Rossa e via Bondeno, dove si osserva un asse di drenaggio idrico sotterraneo a direttrice sud sudest – nord nordovest che si estende circa da via Ronchi a via Bondeno, collocandosi ad una distanza di $0,3 \div 0,5$ km ad est dell'asse ferroviario Reggio Emilia – Mantova.

Successivamente al Cavo Bondeno il suddetto asse drenante flette in verso occidentale orientandosi in direzione della Chiesa di S. Tommaso.

Le principali fasce di alimentazione idrica sotterranea si rilevano nella fascia centrale del territorio nella zona ad ovest sud del capoluogo e nella parte est di San Michele, nelle quali la superficie piezometrica evidenzia geometrie delle direttrici di moto della falda convesse testimonianti la presenza di assetti a falda conica divergente.

La prima di dette aree si contraddistingue con un asse di alimentazione idrica sotterranea estendentesi in direttrice sud nord, circa da Case La Valle a C. Panarini – Pieve

Rossa – S. Tommaso Della Fossa. Un'equivalente conformazione equivalente a falda conica divergente si rileva anche ad occidente del capoluogo dove si evidenzia un asse di alimentazione a direzione est – ovest, che si estende con andamento sub parallelo alla Strada Tassone.

La struttura piezometrica d'insieme dell'area analizzata evidenzia che l'alimentazione dell'acquifero avviene in direzione sud est – nord ovest e sud nord in accordo con la geometria degli orizzonti sabbiosi affioranti al piano campagna o sub affioranti e con l'andamento territoriale dei tratti di antico percorso fluviale estinto che caratterizzano la zona in esame.

La variazione dell'equidistanza e quindi diminuzione del gradiente idraulico, nel settore a nord est del capoluogo: area via Ronchi e Ferrovia Reggio E.-Mantova, e nella fascia ad occidente del centro storico circa tra La Vacchella ed T. Tassone, è correlabile ad aumenti della trasmissività nei primi 8÷12 m del sottosuolo.

Gli emungimenti praticati nel territorio, nel periodo Agosto 1997 e Luglio 2001, sono risultati sostanzialmente in equilibrio con le potenzialità idrogeologiche dell'acquifero freatico. I coni di depressione osservabili nell'ambito sud occidentale tra La Corte e C. Alberini e nella zona nord occidentale tra Pd.re Guglielmo e incrocio via Fornaci – Cavo Ariolo, in rapporto alla loro ampiezza e conformazione, sono correlabili a sensibili depressioni dell'acquifero di base con elevato arricchimento in sequenze argillose. Quanto esposto concorda con la presenza dell'ambito vallivo pianiziale allungato in senso sud nord rilevato circa tra il T. Tassone e la SP Reggio E. – Novellara.

I valori del gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico unitaria dell'acquifero, rapportata alla distanza, corrispondono ad:

$$i = 2 \div 3 \cdot 10^{-3}$$

nella fascia di territorio ad oriente del Canale di Reggio:

$$i = 1 \div 2 \cdot 10^{-3}$$

nell'area circa compresa tra il Canale di Reggio – T. Tassone – via Scappa.

Nella zona a settentrione di quest'ultima e ad ovest del Canale di Reggio:

$$i = 3,5 \div 4 \cdot 10^{-3}$$

Nella parte settentrionale del territorio analizzato: S. Maria – S. Tommaso della Fossa, si riscontra:

$$i = 3 \div 4 \cdot 10^{-3}$$

ad occidente della s.p. N° 3 Reggio E – Novellara, ad oriente della stessa ed a nord di via Bondeno – S. Michele:

$$i = 2,5 \div 3,5 \cdot 10^{-3}$$

5.10.3 Soggiacenza Acquifero freatico

L'andamento della profondità dell'acqua nel sottosuolo evidenzia che nell'area alla quale appartiene il capoluogo, la soggiacenza risulta mediamente equivalente a:

$$\delta H_2O \approx -1,5 \div -2 \text{ m p.c.}$$

nella fascia ad ovest della SP N° 3 Reggio E.-Novellara e quella a sud di strada Tassone il livello idrico nel sottosuolo corrisponde in media a:

$$\delta H_2O \approx -2 \div -3 \text{ m p.c.}$$

tra la suddetta strada e via Fornaci la profondità dell'acqua nel sottosuolo è mediamente rilevabile tra:

$$\delta H_2O \approx -1,5 \div -2 \text{ m p.c.}$$

Profondità dell'acqua nel sottosuolo, corrispondenti a:

$$\delta H_2O \approx -1,5 \div -2 \text{ m p.c.}$$

si sono riscontrate ad oriente dell'allineamento delle località I Ronchi – Crocile – Cimitero Comunale.

Nella parte settentrionale del territorio comunale, ad occidente della ferrovia Reggio E.-Mantova, tra S. Tommaso Della Fossa e Sollevamento S. Maria, la profondità dell'acqua nel primo sottosuolo è mediamente rilevabile tra:

$$\delta H_2O \approx -1,5 \div -2 \text{ m p.c.}$$

Nella fascia ad est di detto asse ferroviario, compresa tra via Ronchi – Ponte della Beviera – via Bondeno – S. Michele, la soggiacenza è mediamente corrispondente a:

$$\delta H_2O \approx -2 \div -3 \text{ m p.c.}$$

Come precedentemente accennato dette quote della tavola d'acqua dal 1984 al 1997 al 2001 sono state soggette ad un campo di escursione negativo circa equivalente a:

$$\delta h \approx 0,5 \div 1,0 \text{ m p.c.}$$

5.10.4 Identificazione temporale del sistema idrogeologico freatico

L'analisi tra le carte elaborate nel settembre 1997 (VG.PRG) e quelle redatte nel luglio 2001, evidenzia assetti dei deflussi idrici sotterranei ad elevato grado di corrispondenza; le modeste differenze conseguono sia dal diverso numero di pozzi censiti nelle rilevazioni sopra indicate che dalle differenti condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero e dalla scala di elaborazione delle carte.

L'esame d'insieme degli elaborati piezometrici in narrativa evidenzia congruenza delle direttrici di moto della falda che risultano sempre orientate territorialmente in direttrice sud ovest – nord est.

In particolare risultano essere conservative nel tempo le fasce costituenti gli assi di drenaggio idrico sotterraneo estendentesi in direttrice ovest est con andamento sub parallelo a via Fornaci e l'asse orientato in senso est ovest ad occidente del capoluogo circa esteso secondo le località La Corte – C. Albertini; analoga valutazione risulta estendibile all'asse drenante a direttrice sud nord osservabile ad est della ferrovia Reggio E.-Mantova tra i Ronchi e S. Maria della Fossa.

Condizioni e caratteristiche di conservatività equivalenti, relativamente alle condizioni di ricarica dell'acquifero freatico, si osservano anche per le fasce di spartiacque idrogeologico a direttrice sud est – nord ovest e orientate sud nord riscontrate, per la zona di ravvenamento circa da C. la Valle a C. Panarini – Pieve Rossa – S. Tommaso della Fossa.

Detto Ambito costituisce una delle principali fasce di alimentazione della falda freatica nel settore di territorio in analisi.

Valutazioni equivalenti sono estendibili alla zona allungata sub parallelamente alla strada Tassone.

Le analisi relative alla dinamica temporale del sistema idrogeologico freatico evidenziano quindi che le principali fasce di alimentazione e di drenaggio idrico sotterraneo sono praticamente costanti nel tempo.

Per quanto riguarda il campo di escursione della falda freatica verificatosi dal 1996 al 2001, si ha una limitata variazione negativa corrispondente a:

$$\delta h \approx 0,5 \div 1,0 \text{ m}$$

5.11 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

In funzione delle disamine descritte nei paragrafi precedenti la definizione della condizione al limite dei settori circostanti il capoluogo può essere schematizzata come di seguito indicato:

- Limite sud: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite est: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite nord: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite Ovest: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita.
- Limite di tetto: nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi – limoso argillosi nei primi 1÷3 m dal p.c., si ha un flusso molto basso; nei settori in cui detta unità litologica è sostituita da limi sabbiosi e sabbie limose (fasce di paleoalveo) o dove sono presenti incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti i -2÷-3 m p.c. si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione, per fertirrigazione).
- Limite di letto: substrato argilloso limoso, condizione idrogeologica a flusso nullo.

6 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10÷20 m del sottosuolo del territorio di Bagnolo in Piano sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche in tomografia elettrica, basi topografiche IGM relative al primo impianto 1881 e delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche, Studio Geologico Ambientale – Analisi Sismica del QC. PSC 2008 di Bagnolo in Piano, Centrogeo.

Gli areali che delimitano le unità litologico tecniche 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 pertanto 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, di 2 ÷ 3 m o maggiori, nei primi 5/10÷15 m del sottosuolo. Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose – argillose esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5÷10/15 m dal piano campagna; analogamente le zone principalmente limose – limoso argillose sono contraddistinte dalla prevalenza di tali componenti granulometriche nelle alternanze degli strati che costituiscono detta unità; similmente le successioni a miscele di sabbia e limo – sabbioso limose indicano che nella sequenza tali strati di spessore da 1 a 2 m presentano una principale influenza sulle condizioni di potenziale pericolosità di liquefazione e di cedimento della successione litologica.

6.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, circa compreso l'Autostrada del Sole (3,5 km sud) e la SP 68 – Strada Santa Maria – via Viottolo del Medico, è costituito principalmente dalle evoluzioni idrografiche T. Crostolo – T. Modolena – T. Rodano, condizionate da quelle del F. Po e dei suoi affluenti, che hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

L'area a cui appartiene Bagnolo in Piano presenta caratteristiche differenziate tra il settore centrale, quello occidentale e settentrionale e l'area orientale centrale meridionale.

La zona centrale, contraddistinta da quote mediamente comprese tra 31 e 28 m slm, con pendenze generalmente variabili tra 3÷4/5‰, è costituita da litotipi prevalentemente limoso argillosi – limosi, che si differenziano nel settore centrale, circa tra la ferrovia Reggio – Mantova e la S.P. Reggio – Novellara, formato da componenti sabbioso limose – limoso sabbiose che definiscono una fascia allungata in senso sud nord correlabile ad un antico percorso di corpo fluviale estinto.

La zona orientale centro settentrionale, circa tra Cavo Bondeno – San Michele – confine comunale est, che presenta caratteristiche simili a quella centrale, è costituita da litotipi prevalentemente sabbiosi – sabbioso limosi – sabbioso argillosi, correlati alla preesistenza di

un antico percorso fluviale estinto apparentemente al sistema paleogeografico meno recente, che si estende circa dalle zone a sud est di Novellara a San Michele – Fosdondo – Correggio.

Il settore occidentale, circa compreso tra il T. Tassone e la S.P. Reggio E. – Novellara, nei primi 5÷15 m del sottosuolo, è principalmente formato da litotipi argillosi – argilloso limoso correlabili ad un ambiente vallivo di pianura.

Similmente l'area orientale e sud est, tra la ferrovia Reggio – Mantova, San Michele e confine comunale con Reggio Emilia Correggio, è costituita essenzialmente da termini argilloso limosi che nel settore sud si arricchiscono in componenti argillose concordanti con l'ambito vallivo di pianura che si sviluppa nel correggese; le sopracitate sequenze in corrispondenza della parte centro orientale della SP 47/via Beviera, inglobano corpi sabbiosi lentiformi alle profondità di -6/8 e -9/-10÷-11 m pc.

6.2 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

In relazione alla presenza nei primi 10/15/20 m del sottosuolo di strati sabbiosi – sabbiosi fini e sabbioso limosi/limoso sabbiosi, 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 dei risultati ottenute dalle analisi di risposta sismica locale, per le zone sottese dalle stesse, si sono applicate accelerazioni al suolo comprese tra:

$$a_{\max}/g = 0.22/0.25 \div 0.29/0.31$$

detti valori evidenziano una distribuzione territoriale con accelerazioni relative maggiori: 0.28/0.30, nel settore orientale, est SP 3, e che si caratterizzano con i massimi relativi: 0.29/0.31, nella zona meridionale centro orientale corrispondente alla locale fascia di culminazione della Dorsale Ferrarese; i minimi relativi: 0.22/0.25, descrivono la parte occidentale della superficie comunale, ovest della SP 3, ad eccezione della zona meridionale centrale, concordanti con il progressivo aumento della distanza dalla sopracitata fascia della dorsale.

Nelle valutazioni della pericolosità è stata considerata una magnitudo:

$$M_w = 6,14$$

In riferimento a detti parametri è stata sviluppata la verifica della suscettività alla liquefazione.

L'analisi delle condizioni di rischio per i litotipi potenzialmente liquefacibili per le

CPTU è stata effettuata utilizzando il software CLiq v. 3.5.2.22, *Robertson*.

Per le verticali CPT Rm la stima della liquefazione è stata eseguita mediante la relazione di *Robertson & Wride modificata (1997b)*, utilizzando il fattore di scala della magnitudo per $M_w < 7,5$ raccomandato da *Idriss* (1982) che definisce la suscettività alla liquefazione in rapporto ai valori di q_c ed alla sollecitazione tangenziale ciclica; detto metodo è stato applicato anche alle CPTU

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, definite anche in funzione del rapporto di *Begemann*) 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, in funzione del rapporto di *Begemann*

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

MSF = fattore di magnitudo riferito all'intensità attesa in sito (*Idriss*)

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 , 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 (*Sonmez, 2003*):

$$\begin{array}{ll} 0 & \text{per } F_L > 1,2 \\ 2 \cdot 10^6 \cdot e^{-18,427 \cdot F_L} & \text{per } 0,95 < F_L \leq 1,2 \\ 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0,95 \end{array}$$

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

In riferimento ai valori di accelerazione al sito sopra esposti l'analisi di suscettività alla liquefazione si è sviluppata considerando presenza della falda freatica a quote

variabili tra -1,0÷-1,5m dal piano campagna nel capoluogo e aree a settentrione del medesimo sino alla parte sud di San Tommaso; equivalenti soggiacenze sono state attribuite alla zona orientale cento settentrionale, est di via San Michele. Nella fascia sud nord circa compresa tra Fossetta della Pieve e ovest della sopracitata via è stato assunto un livello idrico nel sottosuolo di -2,0÷-2,5 m pc, localmente -3 m pc; analoghe soggiacenze sono state considerate nella fascia sud nord ad occidente Fosso Nuovo – Fosso Torto e che si estende a sud ovest sino a Via Canalazzo/T. Tassone, circa tra via Scappa e via Salvi. Nel settore tra il Cavo Ariolo/Cavo Sissa e T. Tassone, delimitato a sud da via Fornaci e a nord dalla SP 68, ad eccezione dell'estremità nord ovest, la presenza della falda idrica sotterranea è stata considerata a -1,0÷1,5 m pc. Le quote dei livelli idrici rilevati nei pozzi sono state confrontate e comparate a quelle misurate nelle prove geognostiche eseguite successivamente al 2018.

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

In funzione di detti coefficienti è stato calcolato l'Indice del Potenziale di Liquefazione (IL *Iwasaki*, 1982 – *Sonmez* 2003).

La classificazione proposta da *Sonmez* (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 alta.

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

I parametri ottenuti hanno evidenziato per il 79% delle verticali analizzate $IL=0.0 \div 0.5$ e pertanto a grado di pericolosità di liquefazione molto basso/praticamente trascurabile; per quanto riguarda il campo dei valori di $IL=0.6 \div 0.9$, corrispondente al 8%, la pericolosità di liquefazione è di grado basso – molto basso; in percentuale del 7 % i terreni appartengono al campo $IL=1.0 \div 2.0$ a pericolosità bassa; una modesta percentuale del 5% è a grado pericolosità moderata $IL=2.1 \div 5$; una percentuale molto ridotta 1%, denota pericolosità elevata $IL=5 \div 10$. Quest'ultima è localizzata in due areali di limitata estensione uno nel settore meridionale del capoluogo tra via Righi e Via Fermi, ed uno nella zona centrale del capoluogo nell'area circostante il fabbricato sede dell'Ufficio Poste Italiane, appartenenti a tratto di canale fluviale estinto e fasce di golena.

La distribuzione verticali di indagine esaminate è diffusa in modo “omogeneo” nelle aree urbanizzate sia a destinazione civile che produttiva e significativamente rappresentativa nel forese.

Le valutazioni effettuate evidenziano che la prevalenza del territorio comunale è contraddistinta da pericolosità di liquefazione da nulla/praticamente trascurabile a molto bassa e bassa 94% delle verticali esaminate e da una percentuale a grado di pericolosità moderata 5%, una percentuale molto bassa 1% denota pericolosità elevata.

Tali condizioni concordano con le caratteristiche geomorfologiche territoriali: area di media pianura con presenza di ampia estensione di ambiti vallivi nei settori accidentali e sud orientali.

Nell'insieme le analisi svolte esprimono un indice territoriale di pericolosità di liquefazione da nullo a basso per la netta prevalenza dell'estensione della

superficie comunale e un indice di pericolosità moderato per una modesta percentuale della stessa.

I risultati dei valori di IL ottenuti sono riportati nelle allegate cartografie e schede.

Codice indagine	IL	Codice indagine	IL	Codice indagine	IL	Codice indagine	IL
035002P1	0.2	035002P48	1	035002P114	0	035002P184	0.6
035002P2	0.3	035002P56	1.8	035002P115	0	035002P185	0.4
035002P3	1.3	035002P57	0.1	035002P116	0.2	035002P186	0
035002P4	0.6	035002P59	0.7	035002P117	0	035002P187	0.2
035002P5	0.2	035002P60	0	035002P118	0	035002P188	0.5
035002P6	0	035002P61	0	035002P119	0	035002P189	0.1
035002P7	0	035002P69	0.4	035002P120	0	035002P190	0
035002P8	0.5	035002P70	0.5	035002P121	0	035002P191	0
035002P9	2.4	035002P71	0	035002P122	0.2	035002P192	0
035002P10	0	035002P72	0.6	035002P131	1.3	035002P193	1
035002P20	0.3	035002P73	0	035002P132	1.4	035002P194	0.2
035002P31	0	035002P74	0	035002P133	0	035002P195	0
035002P42	0	035002P76	0	035002P134	7.2	035002P196	0
035002P53	0.5	035002P77	0	035002P135	0	035002P197	0.6
035002P64	0	035002P78	0.3	035002P136	3.5	035002P198	0.8
035002P75	0	035002P79	0	035002P138	0.3	035002P199	0
035002P86	0	035002P80	0	035002P139	0.3	035002P200	0.4
035002P11	0	035002P81	0	035002P140	0.1	035002P201	1.3
035002P12	0.1	035002P82	0.1	035002P141	1.9	035002P202	0.1
035002P13	0	035002P83	0	035002P142	2	035002P203	0
035002P14	0	035002P84	0	035002P143	4.9	035002P204	0.1
035002P15	0	035002P85	1.1	035002P144	0	035002P205	0
035002P16	0	035002P88	1.9	035002P145	0.3	035002P206	0
035002P17	0	035002P89	0.2	035002P146	0	035002P207	0
035002P18	0	035002P90	0.5	035002P149	0.1	035002P208	0
035002P19	0.2	035002P91	1.5	035002P150	0	035002P209	0.2
035002P21	0.5	035002P92	0.8	035002P154	0.7	035002P210	0.3
035002P22	0	035002P93	0	035002P155	0.1	035002P211	0.3
035002P23	0	035002P94	3.8	035002P156	0	035002P212	0.3
035002P24	0	035002P95	5.3	035002P158	0.2	035002P213	0
035002P25	0	035002P96	0	035002P159	0.1	035002P214	0
035002P26	0	035002P97	3.6	035002P160	0	035002P215	0.5
035002P27	0	035002P98	0.7	035002P161	0	035002P216	0
035002P28	0.2	035002P99	0	035002P162	0	035002P217	0
035002P29	0.1	035002P100	0.6	035002P163	0.5	035002P218	0
035002P30	0.3	035002P101	0.2	035002P164	0.6	035002P219	0
035002P33	1.1	035002P102	0	035002P165	0.9	035002P220	0.6
035002P34	0.4	035002P103	1.2	035002P166	0	035002P274	0.1
035002P35	0.8	035002P104	0.4	035002P167	0.2	035002P275	0
035002P38	0.3	035002P105	0.4	035002P171	0	035002P276	2.5
035002P39	0.5	035002P106	0.2	035002P172	1.1	035002P277	0
035002P40	0.5	035002P107	0.2	035002P173	0.9	035002P278	0
035002P41	0.5	035002P108	0.5	035002P174	0	035002P279	0
035002P43	0.5	035002P109	0	035002P175	2.1	035002P281	0
035002P44	3.6	035002P110	0	035002P177	0.6	035002P282	0.4
035002P45	0	035002P111	0	035002P181	0.1	035002P285	0
035002P46	3.9	035002P112	0.6	035002P182	0.3	035002P287	0
035002P47	1.5	035002P113	0	035002P183	0	035002P291	0

6.3 CEDIMENTI STATICI E CEDIMENTI INDOTTI DALL'AZIONE SISMICA

La stima delle deformazioni permanenti indotte dalla sollecitazione sismica, in relazione al volume significativo dei terreni nel quale si possono sviluppare i contributi a dette deformazioni (-5/-10 m pc) ed alla presenza nei primi 10/15 m del sottosuolo di strati argilloso limosi–limoso argillosi a medio basso grado di consistenza, di alternanze limose – limoso sabbiose a modesta resistenza alla compressione e di sequenze sabbioso limose – sabbioso fini, saturati dalla falda idrica sotterranea, è stata sviluppata mediante la correlazione di *Richards e Elms (1979)* utilizzando i valori delle amplificazioni ottenuti dalle analisi di risposta sismica locale con codice di calcolo.

La valutazione effettuata fornisce parametri territoriali di tipo indicativo.

Gli abbassamenti per effetti dello scuotimento sismico sono generalmente compresi tra 0,5/1 ÷ 3 cm tollerabili dalle opere in elevazione.

I cedimenti per consolidazione di medio termine in condizioni statiche sono generalmente compresi tra 3,0 e 5,0 cm e con differenziali inferiori a 2 cm.

Detti valori dei cedimenti e valori differenziali sono usuali per le sequenze litologico tecniche che formano il sottosuolo del territorio di Bagnolo in Piano.

Le deformazioni permanenti per i terreni fini, di modesta entità, prevalentemente indicano un grado di compressibilità basso e medio di tali litotipi.

I valori dei cedimenti per sollecitazioni dinamiche sono usuali per le sequenze litologico tecniche che formano il sottosuolo del territorio in narrativa e rientrano nel campo dell'accettabilità.

7 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litologico tecniche che costituiscono i primi 40÷60/70 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione sia con metodo integrato attivo/passivo Multichannel Analysis Surface Waves - Refraction Microtremor (MASW – Re.Mi) che metodo passivo Refraction Microtremor Re.Mi, mediante stendimenti ad antenna monodimensionale 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 MASW/Re.Mi. Di tali prospezioni 10 sono state effettuate con metodo integrato MASW- Re.Mi e 19 con metodo Linear Array: Re.Mi.

Le sopracitate indagini nelle elaborazioni sono state integrate ulteriori 12 profili sismici effettuati nei territori comunali contermini a quello di Bagnolo in Piano.

Dette prospezioni, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione che delle principali infrastrutture, oltre a ciò, sono state effettuate verticali di acquisizione delle Vs anche in altri

siti al fine di individuare i valori di V_s dei vari tipi di terreni presenti nel territorio di Bagnolo in Piano.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi ogni 0.2/0.3 kmq di superficie nel capoluogo e principali frazioni e ogni 1.4/1.5 kmq nel forese.

7.1 Interpretazione e Metodologia di Elaborazione dei Risultati – Incertezze

Le indagini geofisiche e geognostiche di Microzonazione Sismica sono finalizzate all'individuazione delle caratteristiche del sottosuolo dell'area esaminata in funzione del comportamento dinamico in concomitanza di un evento sismico.

Ne consegue che i rilevamenti diretti e prospezioni geognostiche e geofisiche, analisi di laboratorio, geomorfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, sono da indirizzare all'individuazione del modello geologico tecnico e sismico e del comportamento dinamico delle litozone oggetto di microzonazione.

In funzione delle caratteristiche dei terreni che formano il primo metro, a zone 1,5 m, dal piano campagna costituiti da suolo agrario aerato e a zone da materiali di riporto e/o da terreni rimaneggiati, la determinazione dei valori di V_{s30} è stata definita trascurando lo spessore di 1/1,5 m di detti materiali. Quanto esposto si è stabilito in rapporto sia alle caratteristiche del patrimonio edilizio esistente che delle pratiche operative normalmente utilizzate nella realizzazione di manufatti, che in netta prevalenza interessano i terreni litologici sottostanti il primo metro dal piano campagna.

Nella definizione dei valori dei fattori di amplificazione che competono alle unità o formazioni è stata inoltre considerata la netta prevalenza (>80%) del campo delle amplificazioni che caratterizzano lo stesso litotipo.

In rapporto a tale tipo di analisi sono inoltre state esaminate ed utilizzate analoghe prospezioni eseguite in aree di territori comunali adiacenti, nelle quali sono presenti tipi rocciosi con caratteristiche simili/equivalenti a quelle riscontrabili nella zona di Bagnolo in Piano.

In rapporto all'estensione degli sviluppi che comprendono i più significativi insediamenti urbanizzati, dette zone sono state esaminate con un punto per unità di area compresa tra 0,6 e 1,0 kmq; in relazione alla superficie complessiva del territorio comunale corrispondente a 44,6 kmq, in base ai punti di prospezione eseguiti la zona esaminata è stata investigata per unità di area mediamente corrispondenti a $1 \div 1,1$ kmq.

7.2 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola di acquisizione di microtremori ambientali effettuate in 30 punti distribuiti nell'area comunale con maglia statisticamente rappresentativa, a cui si aggiungono ulteriori 12 analoghe acquisizioni ubicate nei territori comunali contermini, sono state eseguite utilizzando un sismometro SARA SR04 ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria.

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

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

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

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

Le prospezioni, effettuate in numero di 30, integrate da 12 analoghe indagini adiacenti ai confini comunali nelle aree contermini, sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di stendimento di 69 m.

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

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

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

La combinazione delle due tecniche 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 30-100 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 $1/\text{velocità di fase}$) ed ottenere una “*curva di dispersione*”.

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

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

Tale procedura consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenza compresa tra i valori di 2÷40 Hz e permette la ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-80 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e densità dei terreni.

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

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

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

8 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

8.1 Carta delle Indagini

In riferimento all'analisi delle caratteristiche litotecniche territoriali è stata effettuata una raccolta dati relativa alle 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.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, oltre alle indagini sismiche di tipo Re.Mi, HVSR, ERT, eseguite dallo scrivente, prove penetrometriche statiche CPT, CPTU effettuate da RER, sondaggi meccanici che hanno implementato analoghe indagini eseguite dallo scrivente.

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

In sintesi, tra le indagini esistenti, comprese quelle adiacenti ai confini comunali in comuni contermini, sono state selezionate complessivamente:

- 247 prove penetrometriche statiche, CPT-Rm. 3 delle quali in comuni adiacenti
- 14 prove penetrometriche statiche CPTU, 5 delle quali in comuni adiacenti
- 2 perforazioni profonde per ricerca idrocarburi
- 23 Sondaggi meccanici (SM)
- 6 Stendimenti sismici a rifrazione con rilevazione delle velocità di onde P ed S (BS)
- 27 Stendimenti geoelettrici con interpretazione tomografica (ERT)

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

- 30 misure di sismica a rifrazione con metodo combinato attivo/passivo con antenna monodimensionale MASW/Re.Mi.
- 12 analoghe acquisizioni eseguite nei territori comunali contermini;
- 30 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R.
- 12 analoghe misure eseguite nei territori comunali contermini.

Le indagini sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale ed hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati di 400÷800/900 m nell'area del capoluogo e delle principali frazioni, con interassi di 1.300/1.500÷1.800/2.000 m nella rimanente parte di territorio.

8.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

Il territorio comunale di Bagnolo in Piano è stato oggetto di una estesa campagna di prospezioni geofisiche che ha permesso di determinare le caratteristiche di risposta a sollecitazioni dinamiche dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo ed aree a case sparse.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 30 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSr)
- 12 analoghe verticali effettuate nei territori comunali contermini di Cà del bosco di Sopra, Novellara e Correggio

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

Considerando che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di "risonanza" e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), risulta evidente l'utilità di detta tipologia di indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree con comportamento sismico omogeneo – equivalente.

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

Frequenze Hz	Ampiezze A
$0.6 \leq F_0$	$A < 1,5$
	$1,5 < A < 2,0$
$F_0 = 0.6 < F_0 \leq 1$	$2,0 < A < 3,0$
	$A > 3,0$

Dette aggregazioni sono state riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni".

Le misure sono state identificate attraverso una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

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

I valori territoriali delle frequenze principali inferiori a 1 Hz indicanti, in accordo con quanto evidenziato dalle sezioni geologiche, spessore dei depositi soggetti ad amplificazione maggiori di 100 m.

Generalmente i valori relativi maggiori: $0,8 \div 1$ Hz caratterizzano il settore centro orientale – settentrionale: aree ad est del Cavo Bondeno sino al confine comunale est, la zona settentrionale centrale: S. Tommaso della Fossa tra la ferrovia RE/MN – Via Salvi – Fosso Nuovo – Via S. Antonio, il settore orientale meridionale centrale: tra via Beviera – Cavo Bondeno – C. Beatrice/C. Canossi/C. Cattania, la zona centrale settentrionale del capoluogo circa tra ferrovia RE/MN – Via Leopardi, Parco Urbano, V.G. Da Bagnolo – SP 3 Reggio Emilia – Novellara, nelle quali le formazioni del substrato pliocenico e pre-pliocenico sono relativamente più prossime alla superficie.

Contestualmente a quanto sopra esposto si riscontra che la distribuzione spaziale dei valori di frequenza relativa maggiori ($F_0 \geq 0,8 \div 1$ Hz) tende ad assecondare, nel settore orientale del territorio di Bagnolo in Piano, la conformazione del tetto del *Pliocene* e del substrato pre-pliocenico rinvenibili in detta zona alle profondità relative inferiori rispetto al piano campagna corrispondenti rispettivamente a $-1.1 \div -1.2$ km pc e -2.5 km pc.

I valori di frequenze minori generalmente compresi tra $F_0 = 0,63 \div 0,73$ Hz, contraddistinguono il settore occidentale del territorio: zone ad ovest della ferrovia RE-MN, indicando l'aumento in spessore dei depositi soggetti ad amplificazione, in accordo con l'approfondimento del tetto del substrato pre-pliocenico che si attesta a $-3 \div -3.5$ km pc.

Analoga condizione con minimi relativi $F_0 = 0.59 \div 0.63$ Hz si osserva nel settore meridionale orientale, dove i depositi sono generalmente contraddistinti da alti contrasti di impedenza $A = 2.8$ ed il tetto del substrato pre-pliocenico si riscontra a -3 km dal pc; condizioni equivalenti si rilevano nella zona sud occidentale: ovest Canale di Reggio – sud via Repubblica.

I valori più elevati delle ampiezze si riscontrano nella fascia orientata ovest est da Ponte Forcole al T. Tassone, compresa tra via Fornaci e via Scappa, dove $A = 2.8 \div 3$ e $F_0 = 0.78 \div 0.88$ Hz; tale settore si estende assecondando l'andamento ovest est di uno sovrascorrimento presente nel substrato pre-pliocenico/pliocenico che si sviluppa circa secondo l'allineamento San Michele/C. Massa – La Rocca.

Una simile area valori di ampiezza tra 3 e 4 ma con frequenze minori: $0,63 \div 0,68$ Hz, estesa sud – nord si osserva nella fascia centrale del capoluogo compresa tra il Canale di Reggio – via Roma/via Gonzaga e delimitata a sud da via E. Curiel e a nord da via Vico Secco.

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

8.3.1.1 Tetto sabbie

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che possono influenzare il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità o corpi prevalentemente sabbiosi, più o meno lentiformi, nei primi $10 \div 15/20$ m del sottosuolo.

La carta del tetto delle sabbie, ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT – CPTU, di sondaggi meccanici, dei valori di resistività ottenuti dai profili in tomografia elettrica bidimensionale e dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi $5 \div 20$ m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi - MASW/Re.Mi., visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali prevalgono

le componenti sabbiose.

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

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle sabbie evidenzia che il corpo di maggior estensione e spessore è rappresentato dalla fascia estesa sud nord, larga di $0.25 \div 0.5$ km, dalla SP. n° 47 (Strada Beviera) a Chiesa di San Tommaso con andamento sub parallelo alla ferrovia RE-MN

Altre significative unità con presenza di alternanze lentiformi sabbiose – sabbioso limose si riscontrano nella fascia centrale della zona a uso produttivo sud, in corrispondenza di Via L.V. Beethoven da Corte Valle alla SP n° 47 e nel settore centrale di quest'ultima tra Ponte Beviera e il campo fotovoltaico nord di strada Beviera. Ulteriori significativi corpi sabbiosi sono presenti nella zona centro occidentale tra La Fossetta/Via Scappa e via Vico Secco e nella parte settentrionale dell'area Produttiva di San Tommaso. Simili condizioni si osservano nella zona ad oriente di San Michele anch'essa contraddistinta da corpi sabbiosi lentiformi.

8.3.1.2 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

L'individuazione delle profondità del piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento rigido, assimilabile al bedrock sismico (bedrock like), è stata valutata in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR, e delle velocità delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 250 – 300 m del sottosuolo determinate in base ai dati ottenuti dalle prospezioni Re.Mi./MASW-Re.Mi.

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 in generale la tendenza ad assecondare l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico, evidenziando le profondità relative del bedrock like minori: $-120 \div -130$ m pc, nella fascia orientale e centrosettentrionale del territorio comunale.

Le profondità assumono valori maggiori nel settore occidentale, zone ad ovest del Canale di Reggio, dove i terreni assimilabili al bedrock sismico si attestano a $-160 \div -170$ m pc in accordo con l'approfondimento in tale direzione del tetto del *Pliocene* e del sopracitato substrato.

Fa in parte eccezione a quanto esposto la zona centro settentrionale circa tra Quartiere Soave – Pieve Rossa – C. Massa, dove la profondità dell'unità a comportamento rigido si rinviene a -170 m pc.

8.4 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 P.A., DGR.ER 1936/2023, e DGR 564/2021, 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 geognostiche prove penetrometriche statiche CPT – CPTU, sondaggi meccanici e prospezioni con metodo geoelettrico, sono state utilizzate sia le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (Re.Mi/MASW) che puntuali a stazione singola (HVSr). Detta analisi integrata ha consentito una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da comportamenti in condizioni statiche e dinamiche considerabili tra essi praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS Tav. 1.3, 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 le analisi di elaborazione delle prospezioni geognostiche a geofisiche sono state integrate con valutazioni di carattere geotecnico.

Dette disamine sono state sviluppate anche in riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, agli elaborati della Relazione Geologica PSC 2008 (*Centrogeo*) e Microzonazione sismica di II° livello 2013/2015 (*Centrogeo*) del Comune di Bagnolo in Piano.

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

8.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

L'individuazione delle sequenze litologico tecniche – sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geognostiche e geofisiche ed elaborati sopra descritti integrati dalle prospezioni geofisiche e geognostiche eseguite nelle zone adiacenti/prossime al confine comunale di Bagnolo in Piano.

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli standard di MS versione 4.2-12/2020, 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 litologico stratigrafiche: zone 2001–2002–2003, le zone di attenzione per instabilità: zone 30xy:2004–2005–2006–2007.

Queste ultime distinguono le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5/15/20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi a medio basso grado di addensamento ($q_c < 20/40$ kgf/cm²) con $V_s < 160/200$ m/sec e con spessori compresi tra 1/2 m e 4/6 m, soggetti a potenziale pericolosità di liquefazione: zone di attenzione LQ.

Nelle zone in cui le successioni litologiche prevalentemente limoso argillose – limose contengono intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme, con spessori inferiori/uguali ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc non superano spessori di 2/3 m, contraddistinti da $V_s \leq 150$ m/sec nei primi 7/9 m pc, possono insorgere deformazioni correlate ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali possono conseguire cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le sequenze prevalentemente limoso argillose – argilloso limose che formano i primi 6/8 m del sottosuolo, volume significativo, a luoghi contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 1 m, contraddistinte da valori di resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a $q_c \leq 7$ kgf/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a $V_s \leq 150$ m/sec.

8.4.1.1 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Aree Suscettibili di Effetti Locali e di attenzione per potenziale instabilità

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato al primo livello di approfondimento, sono state delimitate le porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, classificate in conformità alle categorie previste nell'allegato 2 della DGR.ER 1936/2023, suddividendole:

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

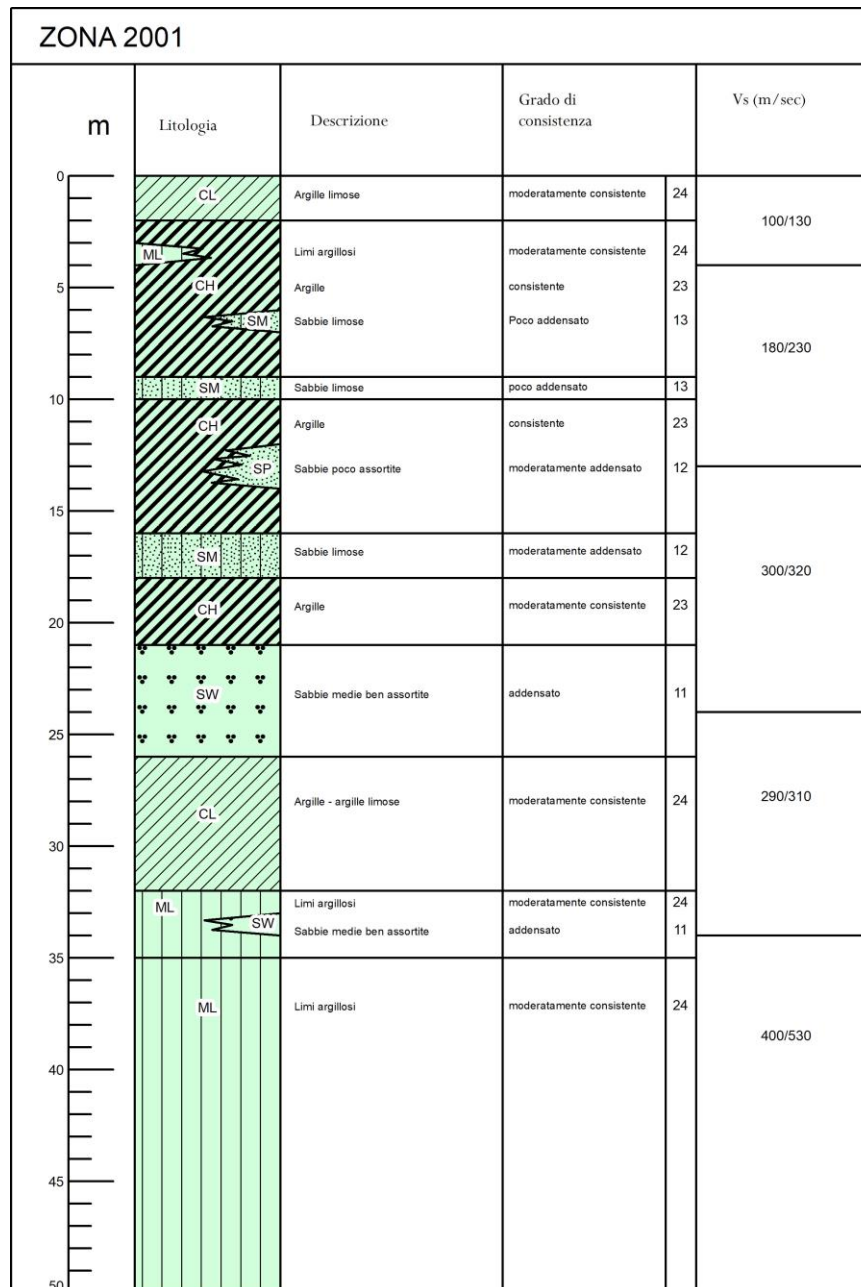
Zone di attenzione per instabilità

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 di amplificazione locali, zone 2001/2002/2003 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall'allegato 2 della DGR 1936/2023
- **Zone di attenzione per instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree potenzialmente soggette a deformazioni permanenti 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 ÷ 4/6 m, potenzialmente suscettibili di liquefazione: zone 30xy-ZA_{LQ}: 2004/2005/2006/2007; le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che

contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori/uguali a 1 m, moderatamente addensati – poco addensati, suscettibili di liquefazione – addensamenti; le successioni limoso argillose– argilloso limose poco consistenti nei primi 7 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s \leq 150$ m/sec; le sequenze prevalentemente limoso sabbiose – sabbioso limose poco consistenti nei primi 6÷8 m del sottosuolo e con $q_c < 20 \div 40$ kgf/cm², $V_s \leq 120 \div 190$ m/sec soggette a potenziale pericolosità di addensamenti.

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, esposte nella legenda della Tav. 1.3, si sono articolate come di seguito esposto:

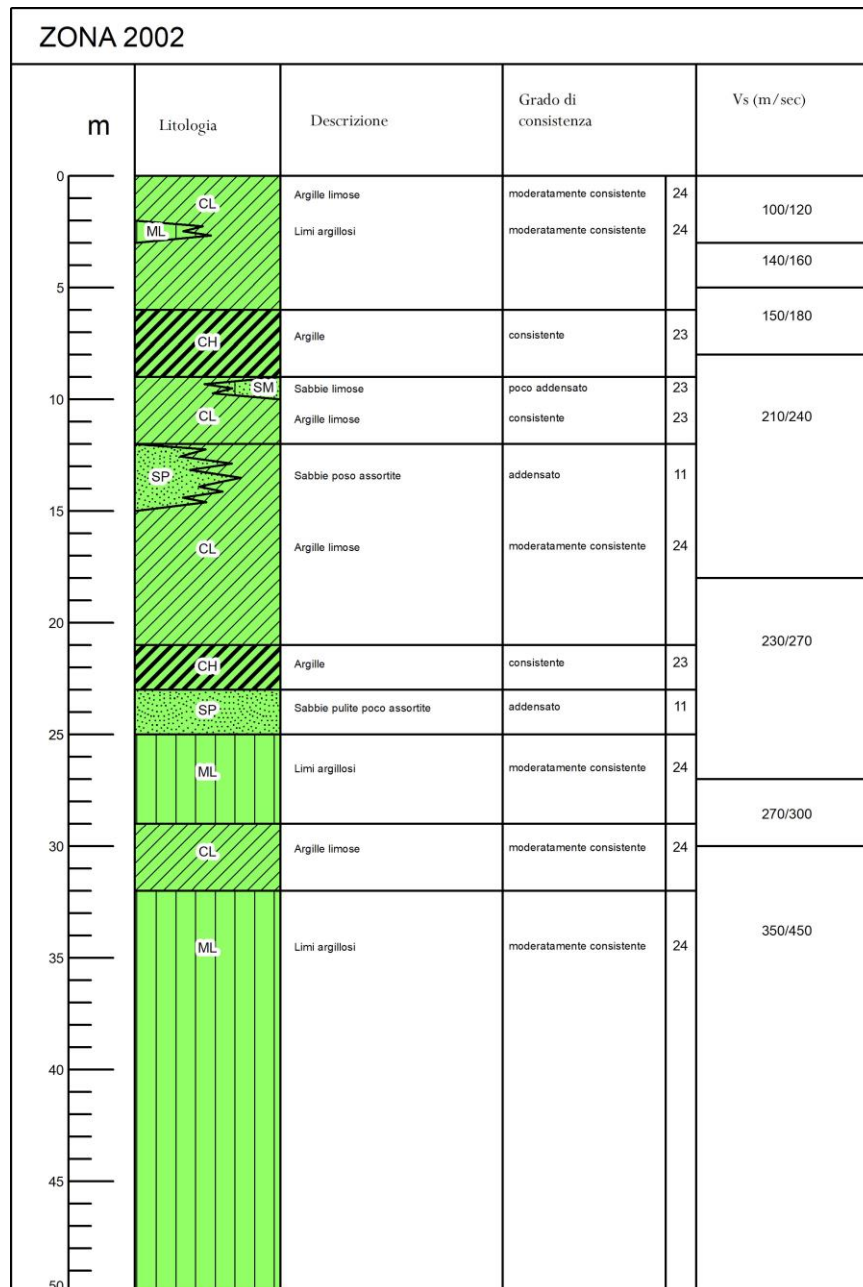


ZONA 2001 – Aree stabili: sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose consistenti (CH-23) localmente contenenti corpi sabbiosi lentiformi poco addensati (SP-13) da -6 a -7 m pc e da -9 a -10 m pc, Vs=180/200 m/sec sino a -16 m pc; a profondità sottostanti -16/-18 m pc sabbie medio fini, seguono sino a -21 m pc argille moderatamente consistenti (CH-24); soggiacciono sino a -26 m pc sabbie medie e addensate (SW-11) con Vs=290/310 m/sec; a quote sottostanti argille limose moderatamente consistenti (CL-24), Vs=290/300 m/sec sino a -32 m pc alle quali seguono limi argillosi moderatamente consistenti (ML-24) con locali lenti di sabbie medie addensate (SW-11), Vs=400/530 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.

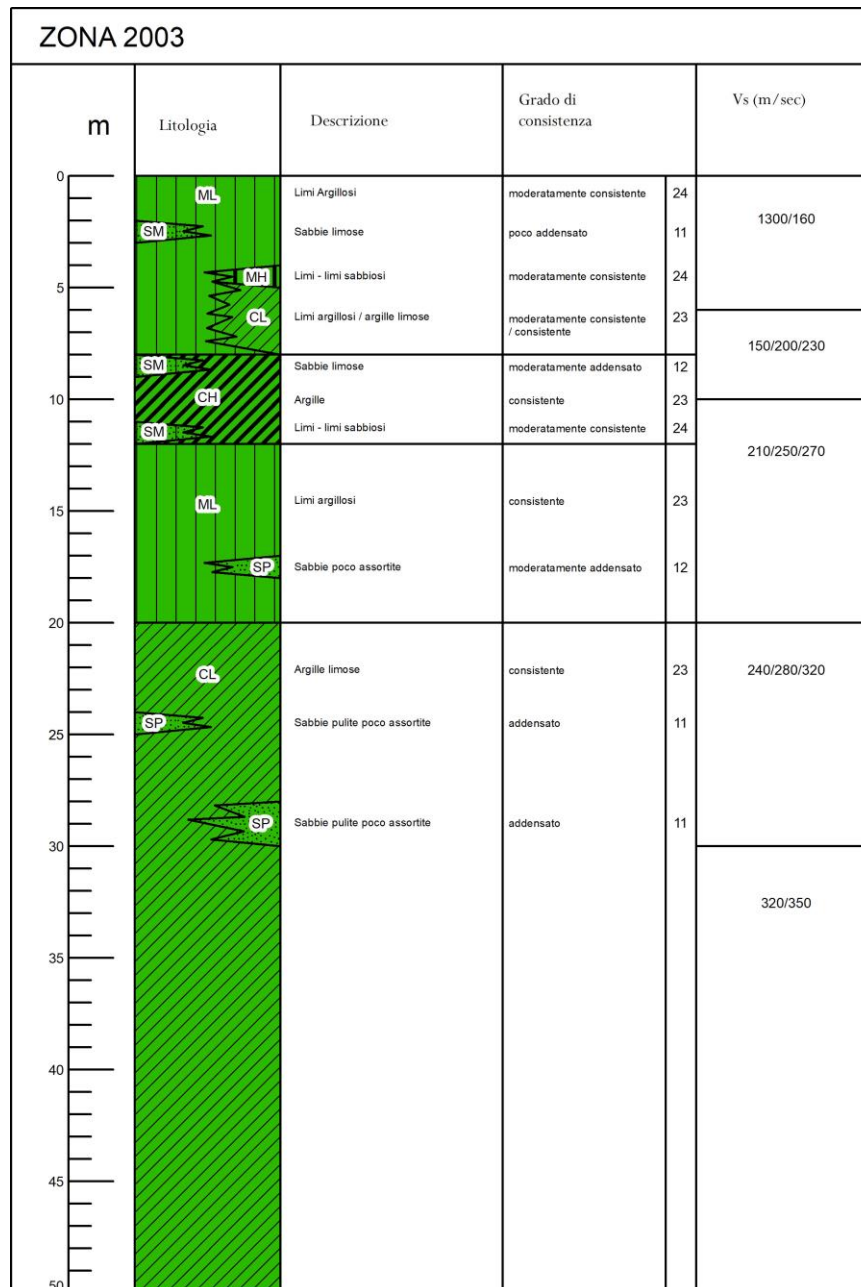


ZONA 2002 – Aree stabili: sequenze prevalentemente argilloso limose moderatamente consistenti (CL-24) con lenti limoso argillose (ML-24) e lenti sabbioso limose, Vs <160 m/sec; seguono sino a -12 m pc argille – argille limose consistenti (CH-23), Vs=150/180 m/sec, soggiacciono sino a -23 m pc argille limose moderatamente consistenti (CL-24), Vs=210/240 m/sec con intercalati subordinati corpi sabbiosi lentiformi poco addensati – addensati (SM/SP-13/11), seguiti alla base dello strato da argille consistenti (CH-23); alla profondità sottostante sino a -25 m pc sabbie addensate (SP-11), soggiacciono alternanze limoso argillose – consistenti (ML/CL-24) con Vs=300/450 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello



ZONA 2003 – Aree stabili: alternanze prevalentemente limoso argillose – argilloso limose, moderatamente consistenti (ML/CL-24) con Vs=130/160 m/sec sino a -5 m pc e Vs=150/230 m/sec sino a -10 m pc, con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi – limoso sabbiosi da poco a moderatamente addensati – moderatamente consistenti (SM/MH-13-12/24) con spessori inferiori a 1 m sino a -12 m pc; a quote sottostanti limi argillosi consistenti (ML-23) con Vs=210-270 m/sec sino a -15 m pc, seguiti da argille limose – argille consistenti – moderatamente consistenti (CL/CH-23/24) con intercalati corpi sabbiosi lentiformi moderatamente addensati (SP-12) sino a -30 m pc, Vs=240/320 m/sec; soggiacciono argille limose consistenti (CL-23) con intercalate alternanze limoso argillose consistenti (ML-23), Vs=320/350 m/sec sino a -40 m pc.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.

ZONA 30502004					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
0	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	130/150
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
	MH	Limi - limi sabbiosi	poco addensato/consistente	3/25	
5	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
	ML	Limi argillosi	poco consistente	25	200/240
	CL	Argille limose	consistente	23	
10	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
15					240/280/320
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	
20	CL	Argille limose - argille	consistente	23	
25	SP	Sabbie poco assortite	addensato	11	
30					
35					300/350
40					
45					
50					

ZONA 30502004 – Zone di attenzione per instabilità (LQ): depositi di piana alluvionale prevalentemente limosi – limoso argilloso sabbiosi, poco consistenti (ML-25) con intercalati corpi sabbioso limosi – limoso sabbiosi sia continui che lentiformi poco addensati (SM/MH-13) con spessori inferiori a 1/2 m e Vs<150m/sec, nei primi 5,5 m del sottosuolo; a profondità sottostanti argille limose – argille moderatamente consistenti e consistenti (CL-24/23), Vs=200/240 m/sec. con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi, poco addensati (SP-13); a quote sottostanti sino a -35 m pc argille limose a medio bassa plasticità consistenti – moderatamente consistenti (CL-23/24) a zone con intercalati corpi lentiformi di sabbie poco assortite addensate – sabbie limose poco addensate (SP/SM-11/13), e localmente lenti limoso argillose moderatamente consistenti (ML-24), Vs=240/320 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione – addensamenti;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima potenziale liquefazione/addensamento;

ZONA 30502005					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
0	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	120/150
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbia limosa	moderatamente addensato	12	
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
5	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	240/300
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
10	SM	Sabbie limose	poco addensati	13	300/350
	CH	Argille	consistente	23	
15	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	220/300
	CL	Argille limose	consistente	23	
20	CH	Argille	consistente	23	300/400
	SP	Sabbie poco assortite	addensato	11	
	ML	Limi argillosi	consistente	23	
	CH	Argille	consistente	23	
25	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	330/430
	CL	Argille limose	consistente	23	
30	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	
35					400/500
	ML	Limi argillosi	consistente	23	
40	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
	CL	Argille limose	consistente	24	
45					400/500
50					

ZONA 30502005 – Zone di attenzione per instabilità (LQ): alternanze argilloso limose – limoso argillose nei primi 2 m pc, moderatamente consistenti (CL/ML-24), seguite da sequenze argilloso limose – sabbioso limose – sabbiose poco addensate (SM/SP-13) sino a -11 m pc, Vs<150 m/sec sino a -7 m pc e successivamente Vs=240/300 m/sec; a profondità sottostanti argille consistenti (CH-23) contenenti corpi sabbiosi a granulometria poco assortita moderatamente addensati – addensati (SP-12/11), sino a -23 m pc, Vs=300/350 m/sec sino a -15 m pc e Vs=220/300 m/sec da -15 a -20 m pc; soggiacciono sino a -45 m pc argille limose consistenti (CL-23) contenenti locali corpi lentiformi limosi – limoso sabbiosi, a zone sabbiosi, moderatamente consistenti – moderatamente addensati (MH/SM/SP-24/12), Vs=300/450 m/sec, a profondità sottostanti Vs=400/500 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

microzonazione sismica: approfondimenti di III livello per la stima di suscettività alla liquefazione.

ZONA 30502006					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza		Vs (m/sec)
0	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	120/170
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensate	12	
5	MH	Limi - limi sabbiosi	poco consistente	25	
	SM	Sabbie limose	poco addensate	13	220
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	poco addensate	13	
10	CL	Argille limose	consistente	23	
15	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	220/250
	CH	Argille	consistente	23	
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
20	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	270/400
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensate	12	
25	SP	Sabbie poco assortite	addensate	11	300/450
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
30					400/600
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	poco addensate	13	
35					400/600
40					
45					
50					

ZONA 30502006 – Zone di attenzione per instabilità (LQ): limi argillosi nei primi 2/3 m pc, moderatamente consistenti (ML-24), seguite da alternanze sabbioso limose – limoso sabbiose moderatamente addensate – moderatamente consistenti (SM/MH – 12/24) sino a -7 m pc, Vs=120/170 m/sec; successivamente sabbie limose – limi argillosi poco addensate – moderatamente consistenti (SM/ML – 13/24) sino a -10 m pc; a profondità sottostanti argille – argille limose consistenti (CH/CL-23) con Vs=220 m/sec sino a -20 m pc; soggiacciono sino a -26 m pc limi argillosi consistenti (ML-23) con intercalati corpi lentiformi sabbiosi a granulometria poco assortita addensati (SP-11), Vs=250/270 m/sec; successivamente sino a -31 m pc limi argillosi moderatamente consistenti (ML-24), Vs=270/400 m/sec, seguiti sino a -35 m pc da limi – limi sabbiosi moderatamente consistenti (MH-24) con intercalati locali corpi sabbioso limosi poco addensati (SM-13), Vs=350/400/600 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

microzonazione sismica: approfondimenti di III livello per la stima di suscettività alla liquefazione.

ZONA 30502007					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
0	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	100/120
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	120/190
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
5	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	210/230
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
10	CH	Argille	consistente	23	
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
15	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
20	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	230/250
25	SP	Sabbie poco assortite	addensato	11	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
30	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	14	
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	250/350
35					
40					350/450
45					
50					

ZONA 30502007 – Zone di attenzione per instabilità (LQ): alternanze di strati limoso sabbiosi – sabbioso limosi – limoso argillosi moderatamente consistenti – poco addensati (MH/ML/SM-24/13) con Vs=120/190 m/sec sino a -7 m pc, seguiti sino a -19 m pc da argille consistenti (CH-23) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi poco addensati (SM-13), Vs=210/230 m/sec; a profondità sottostanti sino a -31 m pc argille limose moderatamente consistenti (CL-24) con intercalato uno strato tabulare di sabbie poco assortite – addensate (SP-11) tra 25/27 m pc, Vs=230/250 m/sec; soggiacciono argille limose – limi sabbiosi moderatamente consistenti (CL/ML-24) con intercalati corpi sabbiosi lentiformi moderatamente addensate (SM-12), Vs=250/350 m/sec; a profondità sottostanti Vs=350/450 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

microzonazione sismica: approfondimenti di III livello per la stima di suscettività alla liquefazione – addensamenti.

Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico come previsto dalla DGR 1661/2009.

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.

9 SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo e terzo livello di approfondimento suddividono in dettaglio le aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con la rideterminazione, quando necessario, dei limiti delle condizioni di pericolosità per liquefazione e densificazione; in tale fase è inoltre definita, in funzione di un indice quantitativo dipendente dalle condizioni stratigrafiche, l'amplificazione sismica attesa ($T_r=475$ anni; $\zeta =5\%$) e dell'indice di liquefazione. In riferimento a quest'ultimo nella definizione delle condizioni di pericolosità territoriale è da considerare che per le zone con indice del potenziale di liquefazione minore di 2 (pericolosità bassa) gli effetti principali che possono conseguire alle azioni sismiche generino processi di addensamento degli strati sabbioso limosi – sabbiosi e quindi in grado di determinare cedimenti differenziali.

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, sviluppata con codice di calcolo *Strata*, le elaborazioni individuano gli approfondimenti di terzo livello, integrativi, da effettuarsi, specificando le disamine da sviluppare.

9.1 Carta delle velocità delle onde di taglio (V_{s30})

La carta delle velocità delle onde di taglio (V_s), visualizza per le aree oggetto di microzonazione 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_{s30} m/sec) ottenuti dalle indagini effettuate: Re.Mi - MASW/Re.Mi..

In generale le elaborazioni delle acquisizioni eseguite hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 299 m/sec e minimi di 205÷210 m/sec.

I valori relativi maggiori si riscontrano nella zona settentrionale centrale del territorio comunale, tra S.Tommaso della Fossa e confine nord, con valori compresi tra V_{s30} 250÷299 m/s. Analoghe zone con valori relativi maggiori si riscontrano nel settore meridionale - orientale del capoluogo tra via Galvani ed il confine sud, dove $V_{s30} = 240÷280$ m/s e nelle aree a valori di medio massimo della porzione settentrionale del Quartiere Soave con $V_s = 240÷250$ m/sec.

Nella rimanente parte del territorio, i valori sono generalmente compresi tra $V_{s30}=215÷240$ m/s.

Fanno in parte eccezione due areali di limitata estensione con minimi di $V_{s30}=210$ m/sec a meridione tra il T. Tassone e la tangenziale sud: via F.lli Gioberti e nella zona tra nord SP. n°47, e Ponte della Beviera nella quale $V_{s30}=205$ m/sec.

9.2 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento con valori dei fattori di amplificazione determinati con codice di calcolo, individua aree a comportamento sismico equivalente attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle

condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ($T_r=475$ anni; $\zeta = 5\%$).

Ad ognuna delle microzone individuate nel Comune di Bagnolo in Piano, sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione determinati mediante codice di calcolo *Strata* per la MS.

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione FPGA – FH – FA attinenti alle microzone individuate.

I parametri FH, amplificazione in termini di velocità, sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 0.5 – 1.5 sec. I valori FA, amplificazione in termini di accelerazione, sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.4 – 0.8 sec, 0.7 – 1.1 sec, 0.5 – 1,5 sec.

In funzione di questi ultimi sono stati determinati i parametri HSM ed H relativi agli stessi intervalli di FA.

I campi dei valori sopra indicati, definiti in rapporto ai range di maggior amplificazione evidenziati dalla sovrapposizione di insieme degli spettri calcolati, sono significativamente indicativi per le azioni sismiche che possono interessare le prevalenti tipologie edificatorie esistenti presenti nel territorio comunale ed a quelle che in funzione delle indicazioni delle vigenti norme urbanistiche sono previste nella percentuale maggiore.

9.3 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 A. Marcellini et alii (1998)².

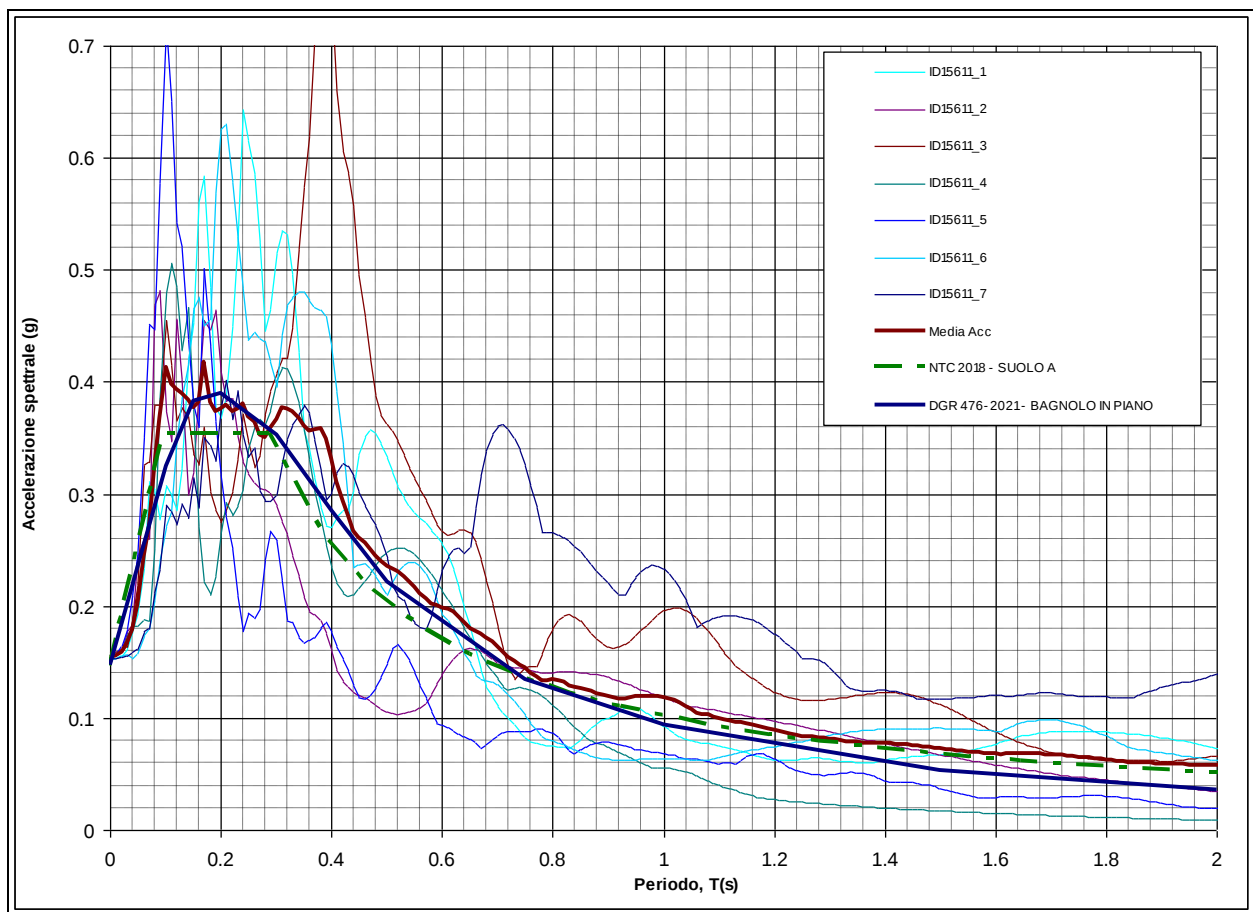
Tale schema prevede:

- *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.
- *Parametrizzazione geotecnica e sismostratigrafica dei terreni*: mediante la definizione sismostratigrafica e litotecnica delle verticali esaminate e la scelta delle opportune curve di decadimento per la simulazione del comportamento non lineare dei terreni in occasione di sollecitazione sismica.
- *Scelta dei moti di riferimento*: attraverso la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Analisi delle amplificazioni a scala locale*: mediante simulazioni di propagazione verticale delle onde SH.
- *Zonizzazione finale*: determinazione di aree a caratteristiche omogenee.

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

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 DGR 564/2021 e resi disponibili nella piattaforma webgis <http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html> realizzata da EUCENTRE.

Da detta piattaforma è possibile scaricare l'input sismico selezionato per ciascun nodo del reticolo di riferimento per il territorio dell'Emilia-Romagna considerato dalle NTC18 (D.M. 17.01.2018). L'input sismico è espresso mediante un gruppo di 7 accelerogrammi reali, registrati su roccia, spettro-compatibili in media agli spettri di normativa definiti nelle NTC18.



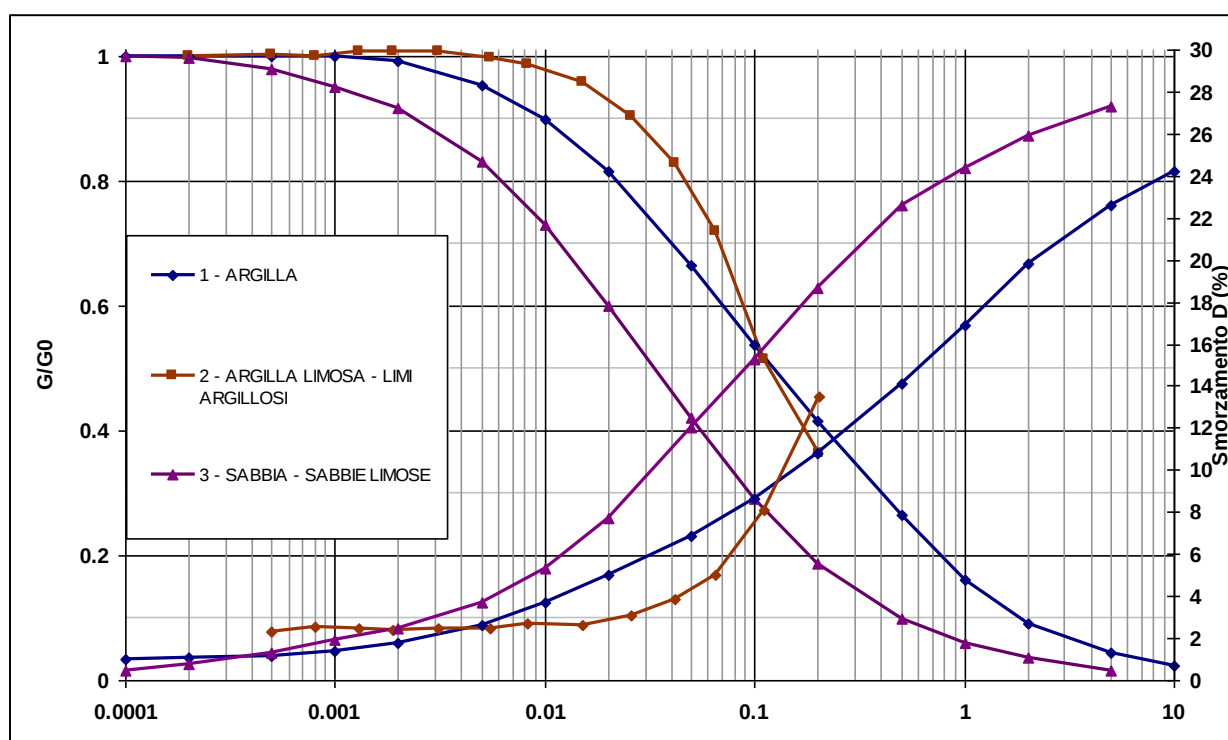
Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nelle delibere della Giunta Regionale ER n° 476/564-2021 (ID15611), spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2018 e spettri di risposta degli accelerogrammi selezionati.

9.4 Calcolo degli effetti di sito

Il comportamento non lineare dei terreni nelle analisi di risposta sismica locale (RSL) effettuate, è stato simulato utilizzando curve di degrado reperite da varie fonti bibliografiche, in particolare:

- Terreno tipo 1 - Litotipi prevalentemente argillosi: *Vucetic M. and Dobry R. (1991) – Effect of soil plasticity on cyclic response. Journal of Geotechnical Engineering, 117, 1, 89-117. N*
- Terreno tipo 2 - Litotipi prevalentemente argilloso limosi – limosi: *Regione Emilia-Romagna (2012) – "Microzonazione Sismica e analisi della condizione limite per le emergenze delle aree epicentrali dei terremoti della Pianura Emiliana di Maggio-Giugno 2012" (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012) - Relazione Illustrativa*
- Terreno tipo 3 - Litotipi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi: *Seed and Idriss (1970) - Soil moduls and damping factors for dynamic response analyses - EERC Report 70-10, University of California, Berkeley*

Dette curve sono schematizzate nel seguente grafico:



Al fine di eliminare le possibili alterazioni dovute alla dispersione dei dati, per rappresentare analiticamente la variazione di G e D con l'ampiezza della deformazione di taglio, γ (espressa in %) è stato utilizzato il modello *Yokota et al. (1981)*.

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

deformazione, assumendo come parametri di decadimento quelli indicati da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni di Bagnolo in Piano ed alle schede caratterizzazione geotecnica dello Allegato 1 delle “Analisi di Microzonazione Sismica delle Aree Epicentrali dei Terremoti della Pianura Emiliana di Maggio – Giugno 2012”, L. Martelli e M. Romani R.E.R. 2013.

Il codice di calcolo 1D adottato: *Strata* (Kottke A. & Rathje M.R., 2010), simula la propagazione in direzione verticale delle onde sismiche di taglio SH, che si irradiano da un substrato sismico deformabile, orizzontale, ed attraversano livelli litologici stratificati orizzontalmente ed a spessore costante, sino al raggiungimento della superficie.

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 corrispondente a 700/800 m/sec.

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 considerato corrispondente a circa Vs=700/800 m/sec.

In rapporto alle profondità investigate dalle verticali sismiche effettuate che non hanno raggiunto detta velocità, è stato stimato un aumento proporzionale all’ultimo tratto di curva sperimentale. Per i sismostrati con valori di Vs interpolati maggiori di 500 m/sec. (elevata rigidità) e nel bedrock sismico (Vs=700 m/sec.) è stato considerato trascurabile l’effetto di decadimento dovuto al comportamento non lineare dei terreni; quindi si è assunto un comportamento elastico con smorzamento lineare costante desunto da dati bibliografici (Vinale et al., 1996).

9.5 Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche

Di seguito si riportano le stratigrafie utilizzate per il calcolo di scuotimento in superficie, il cui codice corrisponde a quello della relativa indagine sismica di riferimento.

Verticale L34REMI63 (R01) BagnoloPSAO01							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5	1	120	27	18.1	-	-
2	6	2	330	213	19.15	-	-
3	5	2	250	119	18.75	-	-
4	38	3	430	370	19.65	-	-
5	21	3	590	742	20.9	1.55	-
6	15	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L37REMI36 (R03) BagnoloPSAO03							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	9.5	1	140	36	18.2	-	-
2	16	3	390	302	19.45	-	-
3	22.5	2	300	174	19	-	-
4	3	3	410	335	19.55	-	-
5	54	3	500	510	20	2	-
6	35	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L38REMI37 (R04) BagnoloPSAO04							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.6	1	130	31	18.15	-	-
2	7.4	2	240	110	18.7	-	-
3	37	3	500	510	20	-	-
4	6	3	390	302	19.45	-	-
5	10	3	310	187	19.05	-	-
6	24	3	590	742	20.9	1.55	-
7	50	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L40REMI39 (R06) BagnoloPSAO06							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	13.5	1	180	61	18.4	-	-
2	20.5	2	310	187	19.05	-	-
3	46	3	530	581	20.3	1.85	-
4	20	.	570	686	20.7	1.65	-
5	40	.	600	771	21	1.50	-
6		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L41REMI40 (R07) BagnoloPSAO07							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	8	1	140	36	18.2	-	-
2	9.5	2	330	213	19.15	-	-
3	9	3	510	533	20.1	-	-
4	8.5	2	220	92	18.6	-	-
5	12	3	310	187	19.05	-	-
6	53	3	520	557	20.2	1.9	-
7	40	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L42REMI41 (R08) BagnoloPSAO08							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	6.2	1	120	27	18.1	-	-
2	10.8	2	290	162	18.95	-	-
3	4	2	220	92	18.6	-	-
4	5	3	430	370	19.65	-	-
5	49	3	500	510	20	2	-
6	65	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L43REMI42 (R09) BagnoloPSAO09							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	6	1	170	54	18.35	-	-
2	17.5	2	220	92	18.6	-	-
3	5.5	3	460	427	19.8	-	-
4	36	3	500	510	20	2	-
5	75	-	600	771	21	1.5	-
6		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L44REMI43 (R10) BagnoloPSAO10							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	27	2	230	101	18.65	-	-
2	3	3	380	286	19.4	-	-
3	3	2	330	213	19.15	-	-
4	20	2	300	174	19	-	-
5	3	3	490	488	19.95	-	-
6	34	3	550	632	20.5	1.75	-
7	50	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L45REMI44 (R11) BagnoloPSAO11							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.3	1	140	36	18.2	-	-
2	13.7	3	390	302	19.45	-	-
3	13	2	210	83	18.55	-	-
4	58	3	540	606	20.4	1.8	-
5	50	-	600	771	21	1.5	-
6		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L46REMI45 (R12) BagnoloPSAO12							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.3	1	120	27	18.1	-	-
2	7.7	2	270	140	18.85	-	-
3	22	3	400	318	19.5	-	-
4	14	2	340	226	19.2	-	-
5	26	3	440	389	19.7	-	-
6	32	3	500	510	20	2	-
7	33	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L47REMI46 (R13) BagnoloPSAO13							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	7.1	1	170	54	18.35	-	-
2	2.4	1	130	31	18.15	-	-
3	4	2	330	213	19.15	-	-
4	42.5	2	320	199	19.1	-	-
5	24	3	470	447	19.85	-	-
6	30	3	500	510	20	2	-
7	30	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L48REMI47 (R14) BagnoloPSAO14							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	4.3	1	110	22	18.05	-	-
2	21.7	2	240	110	18.7	-	-
3	14	2	270	140	18.85	-	-
4	2	2	330	213	19.15	-	-
5	24	3	460	427	19.8	-	-
6	37	3	500	510	20	2	-
7	37	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L49REMI48 (R15) BagnoloPSAO15							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.3	1	130	31	18.15	-	-
2	12.7	2	220	92	18.6	-	-
3	4	2	290	162	18.95	-	-
4	3	3	410	335	19.55	-	-
5	70	3	500	510	20	2	-
6	45	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L50REMI49 (R16) BagnoloPSAO16							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	7.8	1	120	27	18.1	-	-
2	13.2	2	230	101	18.65	-	-
3	6	3	450	408	19.75	-	-
4	28	3	390	302	19.45	-	-
5	45	3	550	632	20.5	1.75	-
6	40	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L51REMI50 (R17) BagnoloPSAO17							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	9.5	1	130	31	18.15	-	-
2	3.5	2	320	199	19.1	-	-
3	14	2	250	119	18.75	-	-
4	11	2	320	199	19.1	-	-
5	56	3	410	335	19.55	-	-
6	46	-	610	800	21.1	1.45	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L53REMI52 (R19) BagnoloPSAO18							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.1	1	150	42	18.25	-	-
2	7.4	2	260	130	18.8	-	-
3	6.5	2	210	83	18.55	-	-
4	7	2	220	92	18.6	-	-
5	21	2	310	187	19.05	-	-
6	35	3	480	467	19.9	-	-
7	30	3	500	510	20	2	-
8	30	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L54REMI53 (R20) BagnoloPSAO19							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.2	1	150	42	18.25	-	-
2	5.8	1	130	31	18.15	-	-
3	13	2	280	151	18.9	-	-
4	22	2	250	119	18.75	-	-
5	21	3	380	286	19.4	-	-
6	25	3	400	318	19.5	-	-
7	25	3	500	510	20	2	-
8	25	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L55REMI54 (R21) BagnoloPSAO20							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	6	1	150	42	18.25	-	-
2	7	1	190	68	18.45	-	-
3	6	2	350	240	19.25	-	-
4	18	3	380	286	19.4	-	-
5	28	2	360	255	19.3	-	-
6	25	3	400	318	19.5	-	-
7	25	3	500	510	20	2	-
8	25	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L56REMI55 (R22) BagnoloPSAO21							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.6	1	150	42	18.25	-	-
2	14.4	2	240	110	18.7	-	-
3	14	2	310	187	19.05	-	-
4	9	2	340	226	19.2	-	-
5	22	3	390	302	19.45	-	-
6	25	3	400	318	19.5	-	-
7	25	3	500	510	20	2	-
8	25	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L57REMI56 (R23) BagnoloPSAO22							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	10	1	160	48	18.3	-	-
2	23	2	240	110	18.7	-	-
3	21	3	400	318	19.5	-	-
4	6	3	420	352	19.6	-	-
5	30	3	440	389	19.7	-	-
6	25	3	500	510	20	2	-
7	25	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L58REMI57 (R24) BagnoloPSAO23							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.8	1	130	31	18.15	-	-
2	14.2	2	210	83	18.55	-	-
3	17	2	330	213	19.15	-	-
4	18	2	300	174	19	-	-
5	37	3	430	370	19.65	-	-
6	25	3	500	510	20	2	-
7	25	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L59REMI58 (R25) BagnoloPSAO24							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	3.5	1	120	27	18.1	-	-
2	18.5	2	220	92	18.6	-	-
3	4	2	250	119	18.75	-	-
4	5	2	320	199	19.1	-	-
5	54	3	440	389	19.7	-	-
6	28	3	500	510	20	2	-
7	27	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L60REMI59 (R26) BagnoloPSAO25							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	9.3	1	150	42	18.25	-	-
2	18.7	2	360	255	19.3	-	-
3	25	2	320	199	19.1	-	-
4	37	3	400	318	19.5	-	-
5	25	3	500	510	20	2	-
6	25	-	600	771	21	1.5	-
7		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L61REMI60 (R27) BagnoloPSAO26							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.6	1	140	36	18.2	-	-
2	12.4	2	210	83	18.55	-	-
3	16	2	280	151	18.9	-	-
4	25	2	350	240	19.25	-	-
5	26	3	460	427	19.8	-	-
6	28	3	500	510	20	2	-
7	27	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L62REMI61 (R28) BagnoloPSAO27							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	5.4	1	130	31	18.15	-	-
2	44.6	2	240	110	18.7	-	-
3	5	2	280	151	18.9	-	-
4	6	2	320	199	19.1	-	-
5	34	3	410	335	19.55	-	-
6	23	3	500	510	20	2	-
7	22	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L63REMI62 (R29) BagnoloPSAO28							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	6	1	190	68	18.45	-	-
2	4.5	2	220	92	18.6	-	-
3	30.5	2	230	101	18.65	-	-
4	1	2	240	110	18.7	-	-
5	23	3	360	255	19.3	-	-
6	25	3	400	318	19.5	-	-
7	25	3	500	510	20	2	-
8	25	-	600	771	21	1.5	-
9		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale L64REMI64 (R30) BagnoloPSAO29							
Unità	Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	2.5	1	140	36	18.2	-	-
2	5.5	1	170	54	18.35	-	-
3	14	2	280	151	18.9	-	-
4	16	2	260	130	18.8	-	-
5	37	3	470	447	19.85	-	-
6	33	3	500	510	20	2	-
7	32	-	600	771	21	1.5	-
8		-	700	1099	22	0.5	Outcrop

9.6 Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica DGR 476/564-2021

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 in ottemperanza alle indicazioni della DGR 476-21 in termini di:

- accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀)
- intensità spettrale $SI = \int_{T1}^{T2} V(T, \xi) dt$ tra SI1: 0.1<T<0.5 sec, SI2: 0.5<T<1.0 sec, SI3: 0.5<T<1.5 sec, dove V è lo spettro di risposta in velocità, T il periodo
- intensità spettrale $SA = \int_{T1}^{T2} PSA(T, \xi) dt$ tra SA1: 0.1<T<0.5 sec, SA2: 0.4<T<0.8 sec, SA3: 0.7<T<1.1 sec, SA4: 0.5<T<1.5 sec, dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T il periodo

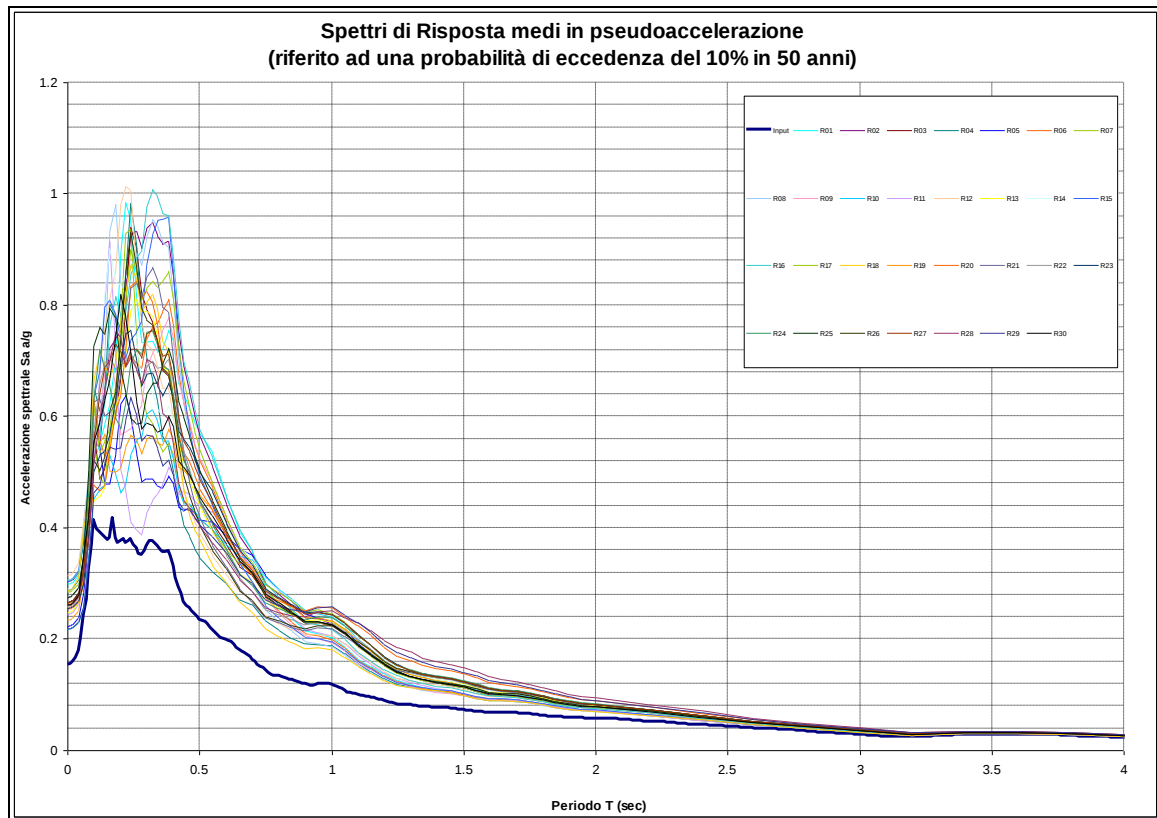
Oltre a detti fattori di amplificazione è stato determinato il livello di pericolosità sismica H_{SM} (0.1<T<0.5 sec) e tra i periodi H 0.4<T<0.8; 0.7<T<1.1; 0.5<T<1.5 sec. e definiti come:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA$$

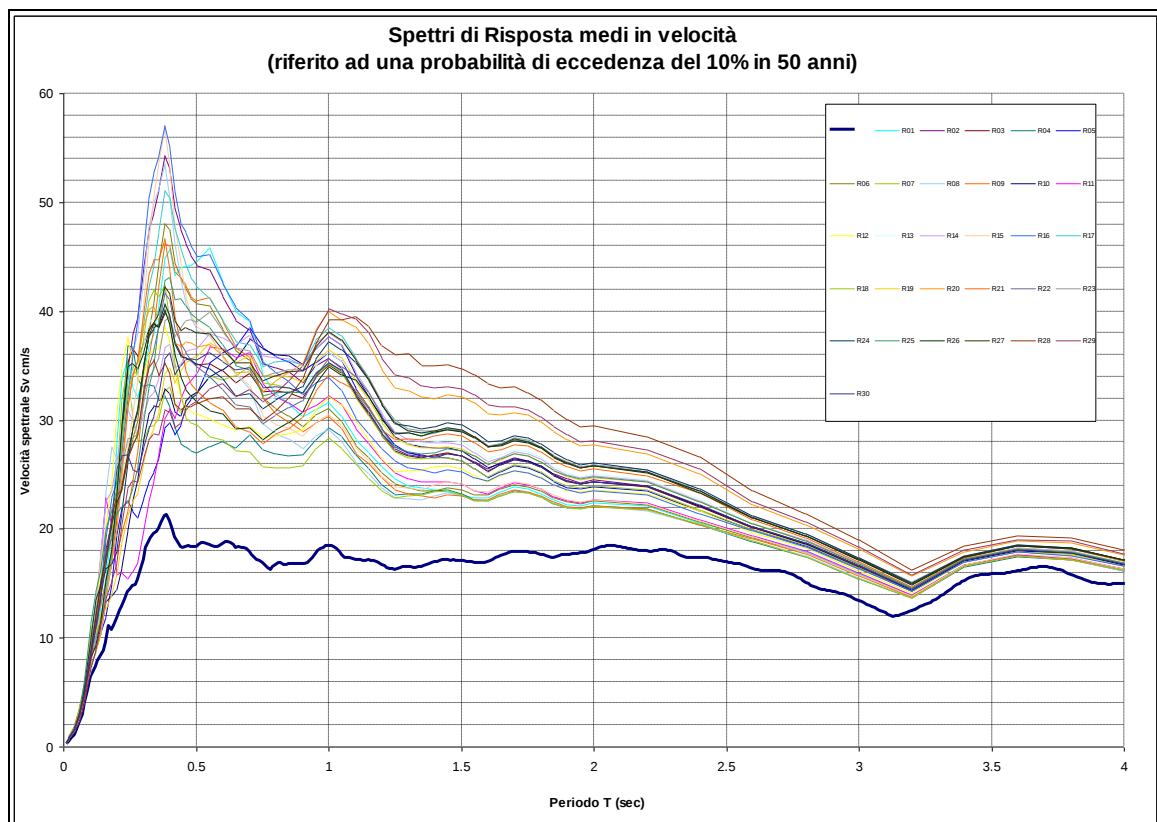
dove ASI_{UHS} è il valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per il corrispondente periodo e ΔT l'intervallo in secondi, moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi.

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

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



Spettri di risposta in superficie in termini di pseudoaccelerazione (PSA) definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alle verticali sismo-stratigrafiche.



Spettri di risposta in superficie visualizzati in termini di pseudovelocità, PSV (smorzamento 5%). Le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,2 e 0,4 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1,5 sec con un submassimo tra 0,9 ed 1,1 sec.

I risultati ottenuti sono esposti nella seguente tabella:

N°	pga (g)	FPGA	SI			SA				HSM			
			0,1-0,5	0,5-1,0	0,5-1,5	0,1-0,5	0,4-0,8	0,1-0,5	0,4-0,8	0,1-0,5	0,5-1,5	0,7-1,1	0,5-1,5
L34REMI63 (R01)	0.299	1.93	2.14	2.06	1.8	2.06	2.28	1.86	1.9	0.714	0.464	0.233	0.235
L36REMI35 (R02)	0.303	1.96	2.4	2.12	1.92	2.28	2.31	2.02	2	0.789	0.471	0.253	0.247
L37REMI36 (R03)	0.266	1.72	1.96	1.9	1.81	1.89	1.9	1.92	1.84	0.657	0.387	0.241	0.226
L38REMI37 (R04)	0.287	1.86	1.79	1.56	1.51	1.85	1.52	1.6	1.52	0.641	0.310	0.200	0.188
L39REMI38 (R05)	0.223	1.44	1.47	2.03	1.88	1.45	1.87	2.06	1.92	0.501	0.381	0.259	0.237
L40REMI39 (R06)	0.263	1.7	2.05	1.92	1.72	1.93	2.12	1.79	1.8	0.670	0.432	0.224	0.222
L41REMI40 (R07)	0.259	1.67	1.71	1.91	1.81	1.7	1.81	1.94	1.83	0.590	0.368	0.244	0.226
L42REMI41 (R08)	0.307	1.99	2.35	1.79	1.62	2.29	2.03	1.66	1.69	0.793	0.413	0.209	0.208
L43REMI42 (R09)	0.258	1.67	1.97	1.92	1.7	1.87	2.13	1.76	1.79	0.649	0.434	0.221	0.220
L44REMI43 (R10)	0.218	1.41	1.54	2.02	1.91	1.47	1.86	2.1	1.93	0.511	0.378	0.263	0.238
L45REMI44 (R11)	0.245	1.58	1.48	1.91	1.74	1.5	1.88	1.85	1.8	0.521	0.382	0.232	0.222
L46REMI45 (R12)	0.314	2.03	1.98	1.67	1.64	2.04	1.66	1.72	1.64	0.708	0.338	0.215	0.203
L47REMI46 (R13)	0.248	1.61	1.89	1.87	1.83	1.82	1.85	1.93	1.84	0.630	0.376	0.242	0.227
L48REMI47 (R14)	0.29	1.88	1.91	2.07	1.94	1.94	2	2.09	1.98	0.674	0.408	0.262	0.244
L49REMI48 (R15)	0.304	1.97	2.3	1.83	1.67	2.21	2.06	1.72	1.73	0.767	0.419	0.216	0.213
L50REMI49 (R16)	0.306	1.98	2.45	2.12	1.88	2.32	2.37	1.96	1.97	0.806	0.482	0.246	0.244
L51REMI50 (R17)	0.285	1.84	2.23	2.11	1.99	2.11	2.22	2.09	2.03	0.730	0.452	0.262	0.251
L52REMI51 (R18)	0.287	1.86	1.97	1.53	1.48	1.98	1.59	1.53	1.5	0.686	0.324	0.192	0.184
L53REMI52 (R19)	0.235	1.52	1.6	1.99	1.88	1.55	1.94	2.01	1.92	0.536	0.394	0.251	0.236
L54REMI53 (R20)	0.254	1.65	1.95	2	2.02	1.86	1.95	2.07	2.01	0.646	0.398	0.260	0.248
L55REMI54 (R21)	0.275	1.78	2.05	1.71	1.74	1.99	1.76	1.77	1.73	0.691	0.358	0.222	0.213
L56REMI55 (R22)	0.262	1.69	1.9	1.82	1.82	1.87	1.84	1.87	1.82	0.647	0.375	0.234	0.224
L57REMI56 (R23)	0.256	1.65	1.87	2.06	1.97	1.8	2.06	2.06	2	0.624	0.419	0.258	0.247
L58REMI57 (R24)	0.261	1.69	1.89	1.89	1.88	1.85	1.87	1.95	1.88	0.642	0.380	0.244	0.232
L59REMI58 (R25)	0.275	1.78	1.93	1.96	1.85	1.9	2.04	1.93	1.89	0.659	0.416	0.242	0.233
L60REMI59 (R26)	0.266	1.72	1.93	1.72	1.76	1.89	1.71	1.8	1.74	0.656	0.347	0.226	0.215
L61REMI60 (R27)	0.266	1.72	1.97	2.02	1.94	1.93	2.01	2.04	1.97	0.668	0.410	0.256	0.242
L62REMI61 (R28)	0.261	1.69	1.76	1.84	2	1.76	1.71	1.98	1.94	0.612	0.349	0.248	0.240
L63REMI62 (R29)	0.218	1.41	1.53	1.91	2	1.5	1.74	2.05	1.97	0.519	0.354	0.257	0.242
L64REMI64 (R30)	0.262	1.69	1.76	1.93	1.83	1.75	1.91	1.94	1.86	0.608	0.389	0.244	0.230

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 dalle DGR ER 476 e 564/2021.

9.7 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale Fa.PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA₀, elaborata per gli sviluppi visualizzati nelle relative tavole: Tavv. 2.1.1-2.1.3, evidenzia i valori massimi nel settore orientale del territorio comunale zone ad est di via Gonzaga/Ferrovia Reggio-Mantova, alla quale appartengono la fascia nord orientale del capoluogo e la parte di territorio a oriente dello stesso sino al confine con Correggio, la zona a sud di via Ronchi di Pieve Rossa sino al Canale Olmo/confine con Reggio Emilia; parametri equivalenti caratterizzano l'area sud est a meridione di via Secchi sino al confine comunale sud. È inoltre riscontrabile un'altra area con valori equivalenti nella zona occidentale centrale capoluogo all'intorno dell'incrocio via Canalazzo/SP3.

In dette parti del territorio comunale i valori medi rappresentati corrispondono ad FA.PGA. = 1.9 – 2.0.

La fascia centrale del territorio e le sue zone a nord ovest e sud est, rispettivamente nord San Tommaso e sud SP 40, l'area latitante via Fornaci tra confine ovest e Canale Vido Secco sono contraddistinte da FA.PGA = 1.7–1.8. Il settore occidentale sella superficie comunale occidentale: ovest via Provinciale Nord tra sud SP 68 e nord Strada Tassone denota valori relativi medi inferiori di FA.PGA = 1.5–1.6; in detto settore tra la tangenziale ovest SP 3 e via Provinciale Nord, sud di via Fornaci – nord via Olimpia si riscontrano i minimi relativi del territorio comunale corrispondenti a FA.PGA = 1.3–1.4.

La distribuzione territoriale dei valori di FA PGA indica tendenzialmente la corrispondenza delle aree a minore amplificazione relativa con zone nelle quali il substrato pre-pliocenico, si attesta alle maggiori profondità, settori occidentali, dove si rinviene a -3 km dal piano campagna, ad eccezione di massimi relativi locali, all'intorno di incrocio SP 3/via Provinciale Nord e ovest di via Scappa probabilmente correlabili alla presenza di una linea di sovrascorrimento nel substrato estesa ovest – est che transita nel sottosuolo di detta zona.

A riscontro di quanto esposto concorrono i valori di amplificazione maggiori che caratterizzano le zone orientali nelle quali il substrato pre-pliocenico, successivamente alla linea di sovrascorrimento orientata sud ovest – nord est, - ovest est dal Capoluogo a Pieve Rossa – Santa Maria – Canolo, si innalza a -2.5 km ed il tetto del *Pliocene* a -1.1 ÷ -1.2 km dal piano campagna (*Enciclopedia del Petrolio e del Gas Naturale*, VI Volume, ENI).

9.8 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale gli elaborati in analisi, relativi agli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 3÷4 piani per le strutture a telaio in c.a. e sino a 4 ÷ 5 piani per gli edifici in muratura, che sono caratterizzati principalmente dai periodi $0,1 < T < 0,3$ sec, sono significativi per indirizzare le aree di previsto sviluppo/completamento urbanistico. Dette informazioni consentono di individuare le preferenziali scelte a destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec sono inferiori; analogamente tale criterio di privilegio di utilizzo per i valori di FH minori

nell'intervallo $T \geq 0,5$ sec. è significativo per le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nelle valutazioni del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente e consente di definire le priorità di previsione degli interventi di adeguamento/messa in sicurezza sismica.

In conformità a quanto previsto nelle DGR 1936/2023 e DGR 564/2021, degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS 2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FH $0.1 < T < 0.5$ sec, FH $0.5 < T < 1.0$ sec e FH $0.5 < T < 1.5$ sec.

9.9 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH $0.1 < T < 0.5$ sec

La distribuzione generale dei valori di FH in tale intervallo (Tavv. 2.2.1-2.2.3), denota una significativa variabilità territoriale evidenziando i relativi maggiori nelle fasce orientali con FH $2.0 \div 2.4$, e i parametri minori di FH $1.5 \div 1.8$ nel settore occidentale.

Nella parte orientale, ovest Ferrovia RE-MN, principalmente caratterizzata da FH $2.1 \div 2.2$, si osservano i relativi territoriali maggiori di FH $2.3-2.4$ a est di detta ferrovia e sud di via Ronchi di Pieve Rossa ai quali appartiene la porzione del capoluogo a est di via P. Malagutti e sud di via Ronchi Beviera/via Ronchi di Pieve Rossa, analoghe amplificazioni individuano l'area all'estremità centrale nord est al confine con Correggio.

La fascia centrale estesa sud nord assecondante la via Provinciale nord, della quale fanno parte la zona ovest del capoluogo e Pieve Rossa, è caratterizzata da FH $1.9-1.2$

Il settore occidentale: ovest via Provinciale Nord, ad eccezione della parte centrale ovest tra T. Tassone e ovest SP 3 e zona sud ovest capoluogo sede dell'area produttiva è contraddistinta da FH $1.9-2.0$, è caratterizzata dai valori relativi inferiori corrispondenti a FH $1.7-1.8$ con relativi minori di FH $1.5-1.6$ tra T. Tassone – via Europa – via Vico Secco – Provinciale Nord e nella parte settentrionale tra via Lazzari e via Salvi/SP 68 via Ponte Forca.

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo FH $0.1 < T < 0.5$ sec. denota una tendenziale correlazione con la suddivisione zonale dei valori maggiori di FA.PGA. e l'assetto del tetto del *Pliocene* e di quello del substrato pre-pliocenico.

Si riscontra infatti la corrispondenza dei valori di intensità maggiori con le aree dove il tetto del *Pliocene* e del substrato pre-pliocenico sono meno profondi rispettivamente $-1.1/-1.2$ km pc e -2.5 km; similmente dove questi ultimi si approfondiscono si osserva la correlazione con i valori di FH relativi inferiori. In tale contesto si evidenzia la corrispondenza della direzione della linea di sovrascorrimento sepolta est – ovest San Michele – Argine, con i valori territoriali di FH relativi maggiori rispetto alle zone a sud e a nord, che caratterizzano la fascia est – ovest circa estesa secondo l'allineamento San Michele – incrocio SP 3/via Vico Secco – incrocio via Fornaci/via Casaletto.

9.10 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo $FH\ 0.5 < T < 1.0\ sec$

La distribuzione generale dei valori di FH in tale intervallo (Tavv. 2.3.1-2.3.3), denota una significativa variabilità territoriale dei valori dei fattori di amplificazione che sono principalmente compresi tra $FH=1.9-2.0$ e secondariamente a parametri di amplificazione maggiori corrispondenti a $FH=2.1-2.2$ nella fascia orientale centro meridionale nord est – sud ovest San Michele – Crocile-incrocio via Ronchi/via I. Bigi.

La prevalente parte del territorio, caratterizzata da $FH=1.9-2.0$, riveste le aree a ovest di San Michele, il capoluogo e il settore occidentale della superficie comunale. In detta zona fanno eccezione il settore a sud ovest del capoluogo tra la SP 3 e T. Tassone con $FH=1.9-2.0$ e le aree con i valori relativi minori di $FH=1.7-1.8$, che individuano le parti sud occidentali e settentrionali del capoluogo e la zona settentrionale centrale tra San Tommaso e confine con Novellara nella quale in corrispondenza di quest'ultimo si riscontrano i minimi relativi territoriali di $FH=1.5-1.6$.

La distribuzione generale dei valori di FH. in tale intervallo, denota andamento tendenzialmente concordante con quello dei valori di FA.PGA e $FH\ 0.1 < T < 0.5\ sec$ per i valori di amplificazione relativi maggiori del settore orientale – orientale meridionale del territorio comunale, zona ad est del quartiere Crocile – fascia adiacente a via Beviera – confine con Correggio, nella quale le estensioni di detti ambiti sono però inferiori a quelle della PGA e $FH\ 0.1/0.5\ sec$. Si differenzia da queste ultime negli areali con i minimi relativi che si osservano nella fascia centrale meridionale e settentrionale centrale e non denotano diminuzioni nel settore occidentale della superficie comunale.

9.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo $FH\ 0.5 < T < 1.5\ sec$

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo $0.5 < T < 1.5\ sec$. (Tavv. 2.4.1-2.4.3) caratterizza con i valori medi inferiori di $FH=1.7-1.8$ la prevalente parte del territorio comunale; in subordine i relativi medi maggiori $FH=1.9-2.0$ individuano il settore orientale centrale e centro meridionale e la zona tra ovest capoluogo e SP 40 – Cavo Ariolo sino a via Vico Secco.

Nella la fascia centrale del territorio comunale estesa sud nord assecondante la via Provinciale Nord, all'estremità settentrionale: zona a destinazione produttiva di San Tommaso e parte nord orientale del capoluogo: nord est quartiere Soave, si riscontrano i valori territoriali inferiori corrispondenti a $FH=1.5-1.6$. L'area circostante San Michel che si sviluppa verso ovest circa assecondando via Ronchi Levi si differenzia rispetto ai medi relativi maggiori degli elaborati precedentemente descritti evidenziando la presenza di una fascia contraddistinta dai medi territoriali minori.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo $0.5 < T < 1.5\ sec$, indica la tendenziale correlazione dei fattori di amplificazione relativi maggiori con gli analoghi più elevati della PGA, $FH\ 0.1/0.5$, $FH\ 0.5/1.0$, $FH\ 0.5/1.5$; detti massimi concordano

con l'assetto del tetto del *Pliocene* e del substrato pre-pliocenico e sovrascorrimenti che lo interessano, che sono meno profondi, rispettivamente -1.1/-1.2 km pc e -2.5 km pc, rispetto ai settori occidentali del territorio comunale.

9.12 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA 0.1<T<0.5 sec

La distribuzione generale dei valori di FA nell'intervallo 0.1<T<0,5 sec (Tavv. 2.5.1-2.5.3) indica un andamento tendenzialmente simile a quello dei valori relativi medi di FH=0.1–0.5 ma con minori estensioni delle aree contraddistinte dai massimi territoriali: FA=2.3–2.4. Questi ultimi si osservano nel settore orientale centro meridionale e all'estremità centro orientale al confine con Correggio.

Il territorio denota una significativa variabilità dei valori di amplificazione è prevalentemente caratterizzato principalmente con FA>2.2 la parte orientale dell'area comunale, zone a est dalla Ferrovia RE-MN – Cavo Bondeno, con FA=1.9–2.0 la fascia centrale estesa sud nord che asseconda il sopracitato asse ferroviario, la parte di territorio a ovest di quest'ultimo è contraddistinta dai fattori di amplificazione con i valori medi minori compresi tra FA=1.5–1.6 e FA=1.7–1.8.

Nella zona occidentale i valori inferiori di FA=1.5–1.6 individuano il settore di territorio tra T. Tassone – via Europa – via Vico Secco– Provinciale Nord e nella parte settentrionale tra via Lazzari e via Salvi/SP 68 via Ponte Forca. In detta area si differenziano la parte centrale ovest tra T. Tassone e ovest SP 3 e zona sud ovest capoluogo sede dell'area produttiva è contraddistinta d FH=1.9–2.0 e zona sud ovest capoluogo – sud via Canalazzo, sede dell'area produttiva, contraddistinta da FA=1.9–2.0,

I parametri maggiori di FA=2.3–2.4. delimitano la parte nord est del capoluogo: est di via Labriola, e la fascia che si estende a est assecondando via Consorziale – via Ronchi Beviera sino al confine con Reggio Emilia – Correggio; un'area di modesta estensione con equivalenti valori di amplificazione individua l'estremità orientale centrale al confine con Novellara – Correggio.

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dello spettro in accelerazione nell'intervallo FA 0.1<T<0.5 sec denota correlazione con la profondità del bed rock sismico, in detta zona caratterizzato dalle soggiacenze minori, e con lo spessore dei depositi continentali del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore che in tale area assumono le potenze relative inferiori. Nel settore di territorio in oggetto si evidenzia la tendenziale corrispondenza dei parametri medi maggiori: FA 2.1–2.4, con le aree dove il tetto del *Pliocene* e del substrato pre-pliocenico sono meno profondi rispettivamente -1.1/-1.2 km pc e -2.5 km; similmente si osserva la corrispondenza della direzione della linea di sovrascorrimento sepolta est – ovest San Michele – Argine, con i valori territoriali di FA relativi maggiori rispetto alle zone a sud e a nord, che caratterizzano la fascia est – ovest circa estesa secondo l'allineamento San Michele – incrocio SP 3/via Vico Secco – incrocio via Fornaci/via Casaletto.

9.13 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.4 < T < 0.8\ sec$

Le distribuzioni areali di fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo $0.4 < T < 0.8\ sec$ (Tavv. 2.6.1-2.6.3) sono simili a quelli di FH $0.5 < T < 1.0\ sec$ nelle individuazioni delle zone di massimo e di minimo ed evidenziano un aumento dell'estensione delle aree con i fattori relativi inferiori nelle zone settentrionali occidentali.

La parte di territorio orientale centrale – centro meridionale è caratterizzata dai valori maggiori con $FA=2.1-2.2$ e $FA=2.3\div 2.4$; questi ultimi interessano la zona al bordo nord orientale del capoluogo e che si estende a est dello stesso sino al confine con Correggio; in tale settore la fascia sud ovest – nord est che si sviluppa sub parallelamente alla SP 47 – via Beviera e si amplia nella porzione sud est sino al confine con Reggio Emilia, si riscontrano i massimi territoriali con $FA=2.3\div 2.4$.

La parte della superficie comunale ad ovest di via Provinciale Nord e settentrione di via Consorziale, è caratterizzata dai medi relativi inferiori compresi prevalentemente tra $FA=1.9-2.0$ e in subordine $FA=1.6-1.8$. Questi ultimi individuano la porzione sud – sud est del capoluogo e la sua fascia centro settentrionale assecondante via G. Matteotti, la zona settentrionale occidentale tra via Lazzari – via Salvi/via Ponte Forca nella quale tra la zona produttiva di San Tommaso e confine con Novellara si rilevano i minimi territoriali con $FA=1.6-1.6$.

Nel settore occidentale centrale si differenzia l'area tra il T. Tassone e intersezione Fosso Nuovo/via Vico Secco.

Le distribuzioni areali dei fattori di amplificazione nell'intervallo $FA\ 0.4 < T < 0.8\ sec$ evidenziano una tendenziale correlazione dei valori maggiori dei settori orientali centrali e centro meridionali con le aree nelle quali il tetto del *Pliocene* e del substrato pre-pliocenico sono meno profondi rispettivamente $-1.1/-1.2\ km\ pc$ e $-2.5\ km$; similmente si osserva la corrispondenza della direzione della linea di sovrascorrimento sepolta est – ovest San Michele – Argine, con i valori di FA relativi maggiori rispetto alle zone a sud e a nord, che caratterizzano la fascia est – ovest circa estesa secondo l'allineamento San Michele – incrocio SP 3/via Vico Secco – incrocio via Fornaci/via Casaletto.

9.14 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.7 < T < 1.1\ sec$

I valori dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo $0.7 < T < 1.1\ sec$, (Tavv. 2.7.1-2.7.3) evidenziano una distribuzione areale tendenzialmente simile a quella della FH $0.5-1.5\ sec$, differenziandosi con una maggiore estensione delle aree contraddistinte dai fattori medi maggiori e dai più elevati valori nel settore sud orientale e in quello meridionale occidentale che coinvolge la parte del capoluogo a ovest di via I. Alpi.

La maggior parte della superficie comunale è caratterizzata da $FA=1.9-2.0$; si distingue nella fascia centrale sud nord, assecondante via Gonzaga – via Provinciale Nord, in prevalenza contraddistinta dai medi inferiori di $FA=1.7-1.8$ e che nella porzione settentrionale, a nord

della zona a destinazione produttiva di San Tommaso, evidenzia i minimi territoriali corrispondenti a $FA=1.5-1.6$.

Nella fascia centro settentrionale orientale del capoluogo e la parte della zona ad uso produttivo a sud di via A. Secchi, sono presenti i medi relativi minori di $FA=1.7-1.8$.

La distribuzione areale dei fattori di amplificazione nell'intervallo $FA\ 0.4 < T < 0.8$ sec, analogamente alle altre elaborazioni dei fattori di amplificazione, evidenzia la correlazione dei valori maggiori dei settori orientali centro meridionali e orientali centrali con le aree nelle quali il tetto del *Pliocene* e quello del substrato pre-pliocenico sono meno profondi, rispettivamente -1.1/-1.2 km pc e -2.5 km; similmente si osserva la corrispondenza della direzione della linea di sovrascorrimento sepolta est – ovest San Michele – Argine, con i valori di FA relativi maggiori rispetto alle zone a sud e a nord della stessa che caratterizzano la fascia est – ovest circa estesa secondo l'allineamento San Michele – incrocio SP 3/via Vico Secco – incrocio via Fornaci/via Casaletto.

9.15 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.5 < T < 1.5$ sec

I valori dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo $0.5 < T < 1.5$ sec, (Tavv. 2.8.1-2.8.3), evidenziano una distribuzione areale simile a quelli della FH 0.5–1.5 differenziandosi nella maggior estensione areale dei massimi relativi, tendenzialmente prevalenti. Questi ultimi corrispondenti a $FA=1.9\div 2.0$, moderatamente inferiori a quelli di FH, caratterizzano la parte orientale della superficie comunale, est della Ferrovia RE-MN, e la fascia sud nord che asconda la SP 3 allargandosi nella parte a centro meridionale del capoluogo interessando la sua porzione a ovest dell'allineamento via F.lli Rosselli – via L. Nobili – via Boni – Provinciale Sud – incrocio via A. Panizzi/via E. Nobili; analogamente si amplia a nord del capoluogo coinvolgendo la parte della frazione di Pieve Rossa adiacente via Provinciale Nord; equivalenti fattori individuano la zona nord occidentale del territorio a nord e ovest del Diversivo Bresciana.

All'estremità centro settentrionale nell'area a destinazione produttiva di San Tommaso e sino al confine con Novellara si riscontrano i minimi territoriali corrispondenti a $FA=1.5\div 1.6$, che appartengono alle zone contraddistinte dai medi minori; queste ultime si ampliano in direzione sud ovest sino al confine con Cadelbosco di Sopra delimitato a sud da via Canalazzo. Equivalenti medi minimi caratterizzano la fascia centrale del territorio della quale fa parte il capoluogo dalla sua Zona Industriale sud a Pive Rossa.

La distribuzione areale dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.5 < T < 1.5$ sec. indica una tendenziale correlazione dei relativi maggiori del settore di territorio ad oriente della Ferrovia RE-MN con il locale alto strutturale della Dorsale Ferrarese nel quale il tetto del *Pliocene* e quello del substrato pre-pliocenico sono riscontrabili rispettivamente -1.1/-1.2 km pc e -2.5 km; similmente si osserva la tendenziale corrispondenza della direzione della linea di sovrascorrimento sepolta est – ovest San Michele – Argine, con i valori di FA relativi maggiori rispetto alle zone a sud e a nord della stessa che caratterizzano la fascia est – ovest circa estesa secondo l'allineamento San Michele – incrocio

SP 3/via Vico Secco.

9.16 LIVELLO DI PERICOLOSITA' SISMICA HSM

In funzione dei fattori, di amplificazione in termini di accelerazione FA e dei parametri della griglia Ag-ASI – INGV sono stati determinati i valori del livello di pericolosità sismica (Naso et Alii; 2019) mediante la relazione:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA$$

nella quale il valore ASI di griglia definito per l'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec corrisponde a 0,4 sec.

Le classi delle soglie di pericolosità sismica adottate sono riferite a quelle proposte da RER.

Oltre a queste si è fatto riferimento anche alle classi proposte in “*Maps for land management: from geological to seismic hazard* (Naso, Martelli et Alii; 2019)”; in “*Lo stato dell'arte della microzonazione sismica in Italia e prospettive future*” (G. Naso; 2019; BO – RER).

Le classi di H_{SM} – H nelle aree di pianura comprendono gli incrementi per effetti della topografia.

9.17 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo HSM: $0.1 < T < 0.5$ sec

La distribuzione areale dei valori di H_{SM} nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec, (Tavv. 2.9.1-2.9.3) evidenzia che la prevalenza del territorio è caratterizzata dalle classi moderato alta e alta rispettivamente: $H_{SM}=0.61 \div 0.69$ g. e $H_{SM}=0.73 \div 0.80$ g.

Sono inoltre presenti zone di subordinata estensione appartenenti alla classe moderata: $H_{SM}=0.52$ g che individuano la parte centro meridionale del territorio a ovest del Canale Reggio III delimitata a sud da via Europa, a ovest dal confine comunale con Cadelbosco Sopra e dall'allineamento sud ovest – nord est incrocio via Castellazzo/via Fornaci, a nord da via Lazzari; equivalenti valori caratterizzano la parte nord occidentale compresa tra confine con Cadelbosco Sopra, nord di via Vico Secco, ovest SP 3, nord di via Salvi/sud di via Ponte Forca.

I valori di H_{SM} nel campo $0.1 < T < 0.5$ sec indicano la tendenziale correlazione con la minore profondità relativa locale del bed rock sismico e con l'inferiore spessore dei depositi continentali del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore nella parte orientale centrale e orientale centro meridionale del territorio comunale; corrisponde inoltre a quanto esposto la presenza del locale alto strutturale della Dorsale Ferrarese che evidenzia le relative minori profondità del tetto del *Pliocene* e quello del substrato pre-pliocenico rispettivamente a -1.1/1.2 km pc e -2.5 km.

10 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

La superficie delle aree oggetto di approfondimento di III° livello riveste il 48 % del territorio comunale.

10.1 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.4 < T < 0.8$ sec

Le distribuzioni territoriali di fattori di H nell'intervallo $0.4 < T < 0.8$ sec, (Tavv. 2.10.1-2.10.3) evidenziano che il territorio compreso negli sviluppi è caratterizzato in netta prevalenza da pericolosità potenziale moderato alta.

L'area dello sviluppo al quale appartengono il capoluogo, le sue aree a destinazione produttiva, è caratterizzata da pericolosità moderato alta $H=0.35 \div 0.39/0.44$ g; in detta zona i valori relativi maggiori: $H=0.44$ g, individuano la fascia al bordo orientale dello sviluppo: est via Strada Vecchia – nord via Ronchi. Equivalenti condizioni contraddistinguono la parte centrale e centro settentrionale dello sviluppo San Michele nel quale $H=0.40 \div 0.44$ g. La parte settentrionale del territorio comunale di San Tommaso evidenzia analoga pericolosità potenziale moderato alta: $H=0.37 \div 0.40$ g ad eccezione della sua zona destinazione produttiva contraddistinta da pericolosità potenziale moderata: $H=0.31$ g.

I valori relativi maggiori identificano la fascia meridionale adiacente a via Beviera – via Stradella della zona di San Michele, parte orientale centrale della superficie comunale, nella quale i parametri $H=0.49$ g individuano condizioni di pericolosità potenziale alta. Analoghe situazioni identificano la parte orientale dello sviluppo capoluogo nella porzione a est della biforcazione di via Beviera a oriente di C. Canossi.

Le aree contraddistinte dai valori alti di H nel campo $0.4 < T < 0.8$ sec nella parte orientale del territorio oggetto degli sviluppi, indicano la correlazione con la presenza del locale alto strutturale della Dorsale Ferrarese che nell'area in oggetto evidenzia minori profondità del tetto del *Pliocene* e del substrato pre-pliocenico rispettivamente a -1.1/1.2 km pc e -2.5 km e gli sovrascorrimenti e faglie sepolti ivi individuati. Oltre a quanto esposto a dette condizioni sono connesse la locale inferiore profondità relativa del bed rock sismico e il minore spessore dei depositi continentali del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore,

10.2 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.7 < T < 1.1$ sec

La distribuzione territoriale dei valori di H nell'intervallo $0.7 < T < 1.1$ sec, (Tavv. 2.11.1-2.11.3) evidenzia che il territorio compreso negli sviluppi è caratterizzato in prevalenza da pericolosità potenziale moderato alta ed in percentuale subordinata da pericolosità moderata.

I valori relativi maggiori: $H=0.22-0.26$ g, identificano la maggior parte del territorio compreso nello sviluppo capoluogo nel quale i parametri relativi inferiori: $H=0.22-0.24$ g rivestono la fascia occidentale: ovest SP 3, mentre i relativi maggiori: $H=0.24-0.26$ g, individuano i settori del capoluogo a ovest della Ferrovia RE-MN. Nello sviluppo in narrativa si differenziano la zona industriale sud, la parte a est della Ferrovia RE-MN sino al

Cavo Bagnoletto Nuovo delimitata a sud dalla SP 47 e che a nord dell'incrocio tra detta SP/via Don Luigi Sturzo si allarga sino al Cavo Bondianella Bassa a est e a via Strada Vecchia a ovest, comprendendo la parte settentrionale del capoluogo e la frazione Pieve Rossa, nelle quali i valori di $H=0.21-0.22$ g individuano condizioni di pericolosità potenziale moderata,

Lo sviluppo orientale di San Michele è totalmente caratterizzato da $H=0.24-0.26$ g e pertanto di pericolosità potenziale moderato alta.

Condizioni simili evidenzia la parte settentrionale centrale del territorio comunale nella quale si riscontrano aree in percentuali circa equivalenti a pericolosità potenziale moderata e moderato alta. Queste ultime: $H=0.24$ g, identificano il settore meridionale dello sviluppo al quale appartiene la frazione di San Tommaso, mentre la zona a destinazione produttiva a nord della stessa è contraddistinta da pericolosità moderata: $H=0.20-0.22$ g.

I valori di H nel campo $0.7 < T < 1.1$ sec non indicano significative correlazioni dei massimi relativi con la presenza degli sovrascorrimenti nel substrato pre-pliocenico e suo assetto caratterizzato dal locale alto strutturale della Dorsale Ferrarese. Una indicativa possibile influenza nel settore sud orientale è probabilmente correlabile al sopracitato assetto strutturale nel sottosuolo di detta zona.

10.3 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.5 < T < 1.5$ sec

La superficie compresa nello sviluppo capoluogo è caratterizzata in equiparabili proporzioni a pericolosità potenziale moderato alta: $H=0.24$ g e moderata $H=0.2$ g.

Le prime, $H=0.24$ g, individuano le aree a ovest della via Provinciale sud, sud di via T. Tasso ovest SP 3, le seconde, $H=0.2$ g, rivestono la parte meridionale orientale del capoluogo sino all'incrocio via Don Luigi Sturzo/via Breviera – est Ferrovia RE-MN, e successivamente si estende a ovest e a est, rispettivamente sino alla SP 3 di detta Ferrovia e circa al Cavo Bondianella Bassa, comprendendo la frazione di Pieve Rossa.

L'area dello sviluppo orientale di San Michele è totalmente caratterizzata da $H=0.24-0.26$ g e pertanto a pericolosità potenziale moderato alta.

Condizioni simili evidenzia la parte settentrionale centrale del territorio comunale nella quale si riscontra una percentuale prevalente a pericolosità potenziale moderata, $H=0.18-0.24$ g, che comprende la zona a destinazione produttiva di San Tommaso e la porzione settentrionale di detta frazione, mentre la zona meridionale della stessa è contraddistinta da pericolosità moderato alta: $H=0.24$ g.

La distribuzione territoriale dei valori di H nel campo $0.5 < T < 1.5$ sec non indica significative correlazioni dei massimi relativi con la presenza degli sovrascorrimenti nel substrato pre-pliocenico e suo assetto caratterizzato dal locale alto strutturale della Dorsale Ferrarese. Una possibile influenza nel settore orientale è indicativamente correlabile al sopracitato assetto strutturale nel sottosuolo di detta zona.

11 RISENTIMENTO SISMICO – PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO TIPOLOGIE DI FABBRICATI

Le stime dei periodi principali dei fabbricati di seguito esposte, indicative per valutazioni in prima approssimazione per manufatti con caratteristiche strutturali “omogenee”, sono state sviluppate in riferimento sia a misurazioni dirette eseguite con metodo dei microtremori in edifici (effettuate dallo scrivente) ed a rilevazioni con vibrodine eseguite da *Distart UNI BO* alle quali sono state accoppiate in simultanea misurazioni con acquisizione di microtremori effettuate dallo scrivente.

In base al metodo di Analisi Lineare previste dalle vigenti NTC punto 7.3.3.2, ed esame critico di biografia scientifica in materia, la correlazione periodi/fabbricati è stimabile come di seguito esposto.

- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.1 – 0.3 sec:
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie prevalenti nel settore ad uso civile realizzate in C.A., telaio C.A., aventi max 3/4 piani – $H \leq 10$ m, edifici di 3/5 piani – $H < 12$ m per le tipologie in muratura;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.3 – 0.5 sec:
ricadono in questo intervallo le più comuni strutture a telaio in C.A. a 4/6 piani, e per estensione anche le prefabbricate tipiche del settore produttivo – manifatturiero commerciale/industriale aventi altezza sotto trave inferiore a sette metri;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.5 – 1.0 sec:
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie a torre tipicamente realizzate a telaio in C.A., fabbricati di oltre 6 piani e produttivi con altezza sotto trave maggiore di 7/8 m, e per estensione magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri di acquedotto, campanili, ecc.

Per i fabbricati che presentano periodo di vibrazione superiore a 1.0 sec sono da sviluppare approfondimenti mediante analisi con metodo approfondito di risposta sismica locale.

³ Si fa riferimento al metodo di Analisi lineare statica previsto dalle vigenti NTC 2018.

12 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 1831/32 – 1996 - 2012.

Le informazioni degli effetti sono principalmente riferite all'area del capoluogo, nella quale sono prevalentemente localizzati gli edifici ad uso residenziale e di culto, ed alle frazioni di San Michele, San Tommaso, PieveRossa Bernardino; in subordine sono documentati i danni ai fabbricati siti nel territorio extraurbano che nell'insieme rivestono in modo discretamente diffuso la superficie comunale.

In occasione degli eventi sismici del maggio–giugno 2012, il territorio di Bagnolo in Piano ha risentito degli effetti di $I_0=5$ che non hanno causato danni rilevanti agli edifici ad

Gli effetti conseguiti al sisma del 1996 epicentro in prossimità di San Tommaso della Fossa ed ipocentro a -5/-5,3 km (INGV) ha reso inagibili la Chiesa parrocchiale nel capoluogo, Chiesa di San Michele, diffusamente danneggiato fabbricati ad uso civile e a destinazione produttiva, caduta di comignoli, tegole, crolli parziali di fabbricati nei quali sono insorti quadri fessurativi che ne hanno resi numerosi temporaneamente inagibili, evidenti danni alle compagini murarie ed ai solai della Torre Civica; nel territorio extraurbano si sono generati gravi danni alla sopracitata chiesa di San Michele ed in alcune decine in fabbricati e manufatti di diverso tipo del forese resi temporaneamente inagibili.

Gli effetti conseguiti a tale evento nel territorio di bagnolo in Piano hanno indotto risentimenti con $I_0 = 7$.

Per quanto riguarda i sismi meno recenti le principali documentazioni sono relative ai terremoti del 1831 e 1832 con $M_w=5,48 - 5,51$, il secondo dei quali ha causato crolli parziali di muri e tetti, sconnessioni e lesioni ai muri e alle volte degli edifici, crollo di quasi tutti i comignoli.

La chiesa parrocchiale capoluogo subì danni molto gravi: crollo della volta centrale e lesioni nelle cappelle nord al campanile. Nell'edificio della Rocca avvenne il crollo di parte del tetto, della volta e di porzioni di muro della sala maggiore, della volta e di parti di muro della residenza comunale. La Torre Civica subì gravi lesioni e in un edificio residenziale crollo una parte di muro. Non vi furono vittime e rimasero ferite due persone.

I risentimenti più rilevanti di detto terremoto, con epicentro tra Calerno e Campegine, si sono verificati in quest'ultimo con crollo di volte della chiesa, parte del campanile e gravi danni alla canonica ed in Castelnuovo di Sotto con crollo della facciata della chiesa di Sant'Andrea e sconnessioni interne di pilastri, archi, volte.

Nell'areale al quale appartiene il territorio di Bagnolo in Piano altri eventi sismici che hanno determinato risentimenti rilevanti, storicamente documentati, sono stati causati dai terremoti del 1806-1810 e del 1987. Al primo di questi, con epicentro in prossimità di San Bernardino, è attribuita $M_w 5,21$ ed ha indotto nel territorio dei comuni circostanti: Novellara, Correggio, Campagnola Emilia effetti con $I_0=7$, attribuibili anche se non documentato anche all'area di Bagnolo in Piano. Il sisma del 1810 con epicentro tra Bernolda – S. Bernardino – Viallarotta, con $M_w=5,1$ ha prodotto effetti con $I_0=6$ nell'area di Novellara e con

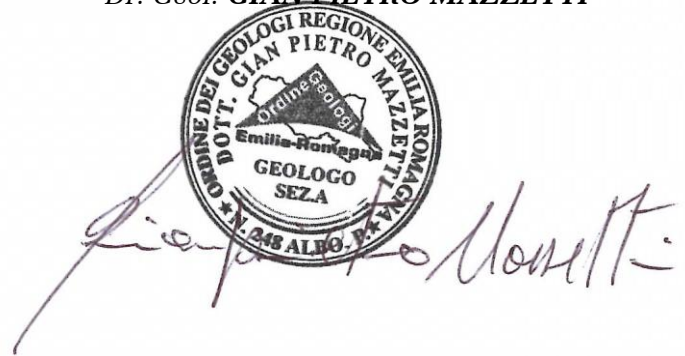
tutta probabilità $I_0=5/6$ anche nel territorio di Bagnolo in Piano; quest'ultimo nel terremoto del 1987, con $M_w=4.71$, ha subito effetti $I_0=6$.

In riferimento a quanto sopra esposto, a sopralluoghi dello scrivente nel 1996 e alle informazioni fornite dall'UT di Bagnolo in Piano, si evince che i fabbricati che hanno subito i danneggiamenti appartengono prevalentemente ai settori centrali e orientali del territorio comunale nel quale i fattori di amplificazione stratigrafica sono maggiori; in dette aree inoltre sono diffusamente presenti zone suscettibili di instabilità correlate a potenziale liquefazione/addensamento (MOPS).

Per quanto riguarda gli effetti dello scuotimento sismico si osserva una tendenziale corrispondenza delle zone con presenza di edifici inagibili con il campo dei periodi $0,1 < T < 0,5$ sec per $FH=1.8 \div 2.0$ e $PGA=1.8 \div 2.0$ nel capoluogo, nell'area di San Michele i danni conseguiti sono correlati a $PGA=1.8 \div 2.0$ e $FH=2.1 \div 2.2$.

STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO

Dr. Geol. **GIAN PIETRO MAZZETTI**



BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2016) alla scala 1:50.000, foglio 200 REGGIO NELL'EMILIA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di M.PIZZOLO, S.SEGADELLI, S.C.VAIANI.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2016) alla scala 1:50.000, foglio 182 GUASTALLA ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di S. ROSSELLI, F.C.MOLINARI, P.SEVERI; InfoCartoGrafica – Piacenza, D.R.E.A.M. Italia
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA 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 CARTA 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 CARTA 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 CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – REGIONE TOSCANA – UNIVERSITA' DI SIENA 1240, AA.VV., 2013, Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco – Emiliano – Romagnolo e Val Padana. Centro Stampa – Regione Emilia-Romagna.
- NASO G. – MARTELLI L. – BRAGLIONE M. – CASTENETTO S. – D'INTIOSANTE V. – ERCOLESSI G. (2019), Maps for land management: from geology to seismic hazard, Boll. Geof. Teor. Appl., Vol.60, DOI 10.4430/bgta0263.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale 1939/2023 – Approvazione dei Contributi per la realizzazione e presentazione degli elaborati relativi a studi di Microzonazione Sismica e Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale n. 564 del 21/04/2021 – Integrazione della propria Deliberazione N. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'Allegato A “Atto di coordinamento tecnico sugli studi di Microzonazione Sismica per la Pianificazione Territoriale e Urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. N. 24/2017).
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale n. 1936 del 13/11/2023 –O.C.D.P.C. 24 marzo 2023 N 978- approvazione dei criteri e delle indicazioni tecniche e procedurali per la presentazione e l'erogazione di contributi per studi di microzonazione sismica realizzati da comuni e unioni comuni.
- DISS Working Group (2021), Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.3.1: A compilation of potential sources for earthquakes than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.3.0.
- MARTELLI L. (coord.), BOVINI M. – CALABRESE L. – CORTI G. – ERCOLESSI G. – MOLINARI F.C. – PICCARDI L. – PONDRELLI S. – SANI F. – SEVERI P. (2017): Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e Aree Limitrofe. Con note illustrative. Regione Emilia-Romagna, Servizio geologico, sismico e dei suoli, con note illustrative e CD, D.R.E.A.M. Italia.
- MAZZETTI G. P., GILLI S., MARTELLI L.; (2023): Site effects in a narrow and faulted valley. Atti 41st GNSTS National Conference, Bologna, febbraio 2023
- MAZZETTI G.P., GILLI S., MARTELLI L.; (2023): Possibili effetti di risonanza per convergenza di frequenza tra terreno e struttura: il caso di Castelnovo né Monti, Reggio Emilia. Atti 41st GNSTS National Conference, Bologna, febbraio 2023
- MAZZETTI G. P.; 2019: Opportunità della Microzonazione Sismica; Territori della Cultura pp 82-84, Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali Ravello.
- MARTINELLI G., CHAHOUD A., DADOMO A., FAVA A.; (2014) Isotopic features of Emilia-Romagna Region (North Italy) Groundwaters: Environmental and climatological Implications. Articolo del 31 maggio 2014. Journal of Hydrology.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2013/2017: Microzonazione sismica di II° livello del territorio Comunale di Bagolo in Piano. <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>
- CENTROGEO, G.P. MAZZETTI; 2025: Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Novellara <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>.
- CENTROGEO, G.P. MAZZETTI; 2019: Microzonazione sismica di II° livello del territorio Comunale di Cadelbosco di Spr, R.E. <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>.
- G.MARTINELLI, A.CHAHOUD, A.DADOMO, A.FAVA, 2014: Isotopic features of Emilia-Romagna region (North Italy) groundwaters: Environmental and climatological implications. Journal of Hydrology.
- 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, Geoitalia, 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.
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDMI11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBM11>
- CENTROGEO (2007) Analisi Geologico Ambientale – Analisi Sismica del territorio comunale di Bagnolo in Piano, PSC 2008. Non pubblicato.
- UNIECO, M. RUSTICHELLI (2007) – Progetto della tangenziale di Novellara, 3° stralcio. Non pubblicato.
- 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
- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: “Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze
OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003: “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”. G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.
- L. MARTELLI, A. MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre.
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano. pp. 8-20 in “*Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia*”; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di 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.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4th European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- FERULANO F. ENI S.p.A. Divisione AGIP (2001) Scossa di Correggio del 18 giugno 2000: Un’Anomalia? GNGTS Atti 19° Convegno Nazionale 12/2004.
- CREMASCHI M. (2002) Clima e Ambiente nel Quaternario in “Il Mondo dell’Archeologia”, Periodizzazione Cronologica; Treccani
Il Quaternario AA.VV. (2000): Le Fluttuazioni Del Clima Nel Corso Dell’Olocene: Stato Dell’Arte; Italian Journal of Quaternary Sciences, 9, 439-444.
- ANTONIOLI F. & SILENZI S. (2000): La Risalita Del Mare Nel Corso Dell’Olocene. 29 – 42 ICRAM
- OROMBELLI G.M. & RAVAZZI C. (1996): Schema cronostratigrafico del tardo Pleistocene e dell’Olocene. Il Quaternario – Italian Journal
- CIACCO M. G., CHIARABBA C. (2001-2002) Tomographics models seismotectonics of the Reggio Emilia region, Italy, Tectonophysics, 344 (2002)
- GASPERINI P. ET ALII (1999) – Defining Seismogenic Sources from Historical Earthquake Reports. Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 89 No1.
- 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.
- AGIP (1986) – Pianura Padana Interpretazione Integrata di dati Geofisici e Geologici. Società Geologica Italiana, 4 ottobre
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio, Regione Emilia Romagna.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.
- FERRARI G - POSTPISCHL D. (1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Public. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) – Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. Tectonophysics.
- 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)