



# COMUNE DI BASTIGLIA PROVINCIA DI MODENA

## QUADRO CONOSCITIVO SICUREZZE DEL TERRITORIO PROVINCIA DI MODENA



### MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO DI BASTIGLIA RELAZIONE TECNICA

#### GRUPPO DI LAVORO

Ufficio tecnico comunale  
Responsabile:  
Adriana Barbieri  
Collaboratori:  
Silvia Foresti

Provincia di Modena  
Servizio Urbanistica e S.I.T.  
Responsabile:  
Antonella Manicardi  
Collaboratori:  
Corrado Ugoletti, Amelio Fraulini,  
Barbara Mengoli,

**MICROZONAZIONE SISMICA**  
Provincia di Modena  
U.O. Cartografia e  
Sistema Informativo Territoriale:  
Corrado Ugoletti

Studio Geologico CENTROGEO  
Responsabile:  
Gian Pietro Mazzetti  
Collaboratori:  
Stefano Gilli, Andrea Arbizzi,  
Mauro Mazzetti

Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 3907/2010. Coordinamento della Regione Emilia Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli: Luca Martelli

IL SINDACO: Sandro Fogli

 **SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE  
PROVINCIA DI MODENA**

  
**SisTeMoNet**

**STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO**

42015 CORREGGIO (RE) - PIAZZA S. QUIRINO, 6 - TEL 0522 641001 - FAX 0522 632162



## QUADRO CONOSCITIVO PSC 2012

## MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

## INDICE

INTRODUZIONE.....	7
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO .....	3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	5
MODELLAZIONE SISMICA.....	11
<i>CARATTERI TETTONICI E SISMICI DEL TERRITORIO</i> .....	11
Attività Tettonica .....	13
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	17
Caratteri Geomorfológicos (Carta Litomorfológica) .....	17
IDROGEOLOGIA.....	19
Idrografia di superficie.....	19
Ambiente Idrico Sotterraneo .....	20
Definizione del sistema idrogeologico.....	20
Schema Idrogeologico regionale .....	20
Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate .....	22
Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	22
Serie Idrogeologica Locale .....	22
Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale .....	26
Piezometria dell'acquifero freatico.....	26
Isopieze dell'acquifero .....	26
CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	28
Pericolosità sismica.....	28
INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	31
Microtremori con la tecnica HVSR .....	32
Prospezione sismica a rifrazione passiva Re·Mi .....	32
Definizione del moto di riferimento .....	33
PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO .....	35
Carta delle indagini.....	35
Carta delle frequenze naturali del terreno.....	36
Carta primo contrasto di impedenza .....	37
Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	37
TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO .....	40
Carta delle nuove indagini.....	40
Tetto AES6 .....	41
Carta delle velocità delle onde di taglio $S (V_s)$ .....	41
Carta dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica .....	42
Definizione degli input sismici .....	42
Calcolo degli effetti di sito .....	44
Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica .....	46
Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale $FA \cdot PGA$ .....	49
Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec .....	49
Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec .....	50

<i>Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo <math>0.5 &lt; T &lt; 1.0</math> sec</i> .....	50
<i>Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo <math>1.0 &lt; T &lt; 1.5</math> sec</i> .....	51
<i>Carta dei fattori di amplificazione di FA ICMS 2008</i> .....	51
<i>Carta dei fattori di amplificazione di FV ICMS 2008</i> .....	51
<i>Nota esplicativa della codifica dei dati utilizzati nelle elaborazioni cartografiche</i> .....	53
<i>BIBLIOGRAFIA</i> .....	56

---

## ELABORATI

QC.02.1.1.1	Indagini pregresse e nuove	1:10.000
QC.02.1.1.2.1	Sezioni geologiche 1	1:10.000/1:1.000
QC.02.1.1.2.1	Sezioni geologiche 2	1:10.000/1:1.000
QC.02.1.1.2	Carta Geomorfologica	1:10.000
QC.02.1.1.3	Isopieze Primo Acquifero	1:10.000
QC.02.1.1.4	Soggiacenza Primo Acquifero	1:10.000
QC.02.1.1.5	Approfondimenti di 1° livello MOPS	1:5000
QC.02.1.1.6	Primo contrasto di imoedenza	1: 10.000
QC.02.1.1.7	Frequenze naturali dei terreni	1:10.000
QC.02.1.1.8	Tetto AES6	1:10.000
QC.02.1.2.1	Indagini nuove	1:10.000
QC.02.1.2.2	Velocità onde di taglio Vs	1:10.000
QC.02.1.3.1	FA PGA	1:10.000
QC.02.1.3.2	Fattori di amplificazione IS $0,1 < T < 0,3$ sec	1:10.000
QC.02.1.3.3	Fattori di amplificazione IS $0,3 < T < 0,5$ sec	1:10.000
QC.02.1.3.4	Fattori di amplificazione IS $0,5 < T < 1,0$ sec	1:10.000
QC.02.1.3.5	Fattori di amplificazione IS $1,0 < T < 1,5$ sec	1:10.000
QC.02.1.3.6	FA ICMS 2008	1:10.000
QC.02.1.3.7	FV ICMS 2008	1:10.000

---

## ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche



## **INTRODUZIONE**

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

Le analisi sono state eseguite in ottemperanza ai dettati delle leggi nazionali, in riferimento al D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000, N.A Piano stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, Disposizioni R.E.R. concernenti l'attuazione del P.A.I. del 06/02, NA PTCP Modena, D.M. 14 - 01 - 2008, Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n° 112 del 02-05-2007, Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n. 1051 del 18/07/2011 (DGR 1051/2011), "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

L'analisi di microzonazione sismica è stata realizzata con il contributo di cui all'OPCM 3097/2010 è stata sviluppata in coordinamento con il *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli*, Dr. Luca Martelli, Dr. Raffaele Pignone, della Regione Emilia Romagna, in collaborazione e coordinamento con *l'Ufficio S.I.T. della Provincia di Modena*, Arch. Antonella Manicardi del *Settore Urbanistica* Provincia di Modena.

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

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Bastiglia è stata sviluppata mediante la realizzazione della carta di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e della carta di approfondimento sismico di terzo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle sopracitate DGR 1051/2011, DAL 112/2007 e "I.C.M.S." del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

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

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

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

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione dell'Amministrazione Comunale di Bastiglia, Modena in collaborazione con l'Ufficio S.I.T. della Provincia di Modena.

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

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

Le elaborazioni cartografiche sono state eseguite dal S.I.T. della Provincia di Modena.



## **INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO**

Il territorio comunale di Bastiglia è delimitato nella fascia nord occidentale dal F. Secchia sino all'altezza di Casino Cavazzuti, da qui prosegue in direttrice sud orientale sino a C.na Tossetti - Malavolta e quindi asseconda il Cavo Consorziale sino a Fondo Pagliarolo. Da quest'ultimo toponimo si dirige in verso meridionale sino ad intersecare il canale Naviglio, assecondando quest'ultimo sino alla confluenza con il Cavo Argine. Detto Cavo costituisce il confine orientale del territorio comunale sino alla confluenza con il Cavo Torricella, apice sud orientale del comune di Bastiglia. Da quest'ultimo punto prosegue in direttrice nord occidentale sino ad intersecare nuovamente il Cavo Naviglio, per poi proseguire nella medesima direzione sino al F. Secchia.

Il Comune di Bastiglia (MO) ricade nella tavoletta NONANTOLA III SO, appartenente al F° MIRANDOLA N° 751.G.M. PQ zona 32T.

La zona in analisi ricade alle sezioni della Carta Tecnica Regione Emilia Romagna:  
*SOLIERA N° 201080,*  
*BOMPORTO N° 202050.*

Il territorio comunale si estende su una superficie di 11 Km<sup>2</sup> con geometria circa quadrata tendenzialmente allungata in direzione sud ovest - nord est delimitata dai meridiani 655.500 ad ovest, 660.500 ad est e dai paralleli 4951500 a sud e 4956000 a nord.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra i 29 - 30 m slm, in prossimità del F. Secchia e i 23 - 24 m slm del bordo orientale e nord orientale.

Tali quote collocano il territorio comunale nella fascia di media pianura padana.

Analizzando l'andamento delle curve di livello si osserva che i terreni hanno altimetria mediamente compresa circa tra 25 e 28 m slm ad eccezione della fascia territoriale occidentale al F. Secchia, nella quale il corpo fluviale, unitamente agli interventi antropici per la messa in sicurezza idraulica del territorio, ha costruito un dosso con altezze comprese tra 30 e 34 m slm.

La prevalente percentuale del territorio presenta forme dolcemente ondulate sia in direzione ovest est che sud nord. Tali morfologie sono correlate alle evoluzioni paleoidrografiche che in passato ed attualmente, hanno interessato l'area in narrativa.

L'assetto topografico declina in direzione sud nord nella parte a meridione di Via Secchia - Via Borsara, zona alla quale appartiene il capoluogo e clivometria orientata sud ovest - nord est a settentrione dell'allineamento delle sopracitate vie.

Il territorio è caratterizzato dalla presenza, oltre al sopradescritto corpo del F.Secchia, da due dossi topografici, correlabili ad antichi corpi di canale fluviale estinti, uno dei quali è allungato in senso sud nord e si estende subparallelamente all'andamento del Canale Naviglio sino al capoluogo e successivamente ad esso alla Strada Verdeta; il secondo dosso si estende in direzione ovest est dagli argini del F.Secchia al Cavo Argine che rappresenta il confine orientale dell'area comunale. Detti corpi morfologici hanno quote comprese tra 26 e 28 m slm con pendenze longitudinali dell'1‰ e trasversali dell'1÷5‰. A meridione del dosso ovest est, sia ad ovest che ad est del Canale Naviglio, la superficie del piano campagna assume una morfologia blandamente concava con quote tra 25 e 26 m slm, inferiori a quelle dei sopracitati dossi, e pendenze comprese tra 2,5 e 4‰ nella zona ovest, tra F.Secchia e Cn.le Naviglio, e clivometria variabile tra 2,5÷3‰ nel settore orientale, che si riduce ulteriormente nella fascia più ad est dove si hanno pendenze di 0,5÷1‰.

Le zone morfologicamente più ribassate sopra descritte costituiscono ambiti vallivi di pianura nei quali sussistono condizioni di drenaggio superficiale difficoltoso.

L'assetto morfologico territoriale di insieme è pertanto caratterizzato da forme convesse nel settore occidentale, settentrionale e centrale che delimitano zone a minore acclività nella parte meridionale dove costituiscono due areali vallivi di pianura uno occidentale tra F.Secchia e Cn.le Naviglio ed uno orientale tra quest'ultimo canale ed il Cavo Argine.

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE**

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

Le conoscenze dell'assetto geologico strutturale del Bacino Padano derivano dalle prospezioni geofisiche eseguite da *AGIP* e *SPE* e dalle indagini ed elaborazioni effettuate dal servizio geologico sismico e dei suoli Regione Emilia Romagna sviluppate nel contesto del Progetto CARG.

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

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

L'assetto geostrutturale della base del Pliocene nel sottosuolo del territorio di Bastiglia - Nonantola - Crevalcore - Sorbara - Limidi - Soliera è caratterizzato dalla zona di transizione tra le pieghe del margine appenninico padano denominate Pieghe Romagnole e quella delle Pieghe Ferraresi.

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

Le Pieghe Romagnole, 3 ÷ 5 km a meridione dell'allineamento Campogalliano - Nonantola - S.Giovanni In Persiceto, sono contraddistinte dalla presenza di strutture positive, sovrascorse sul fianco settentrionale ed embriciate in direttrice settentrionale, che hanno determinato l'innalzamento della base del Pliocene a -3000 ÷ -2000 m dal piano

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

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

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

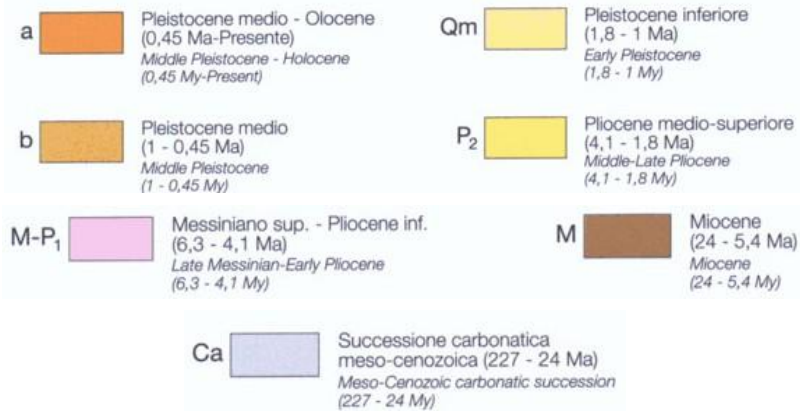
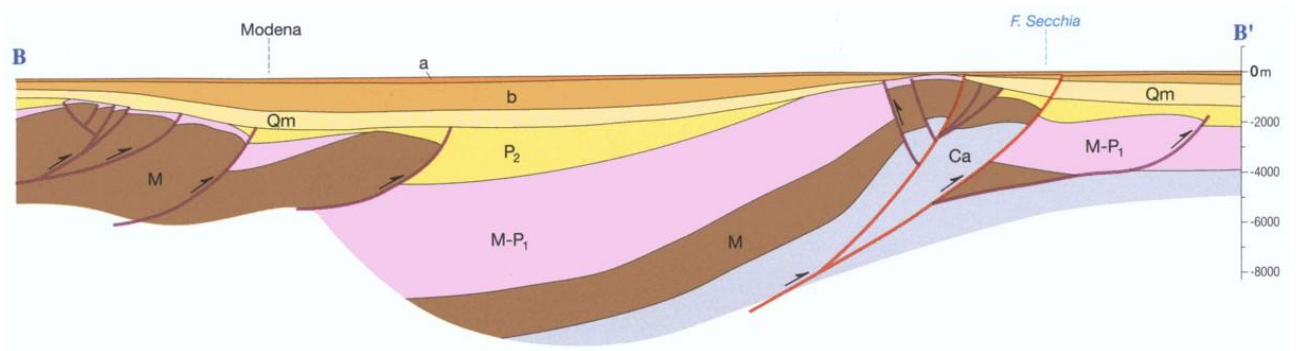
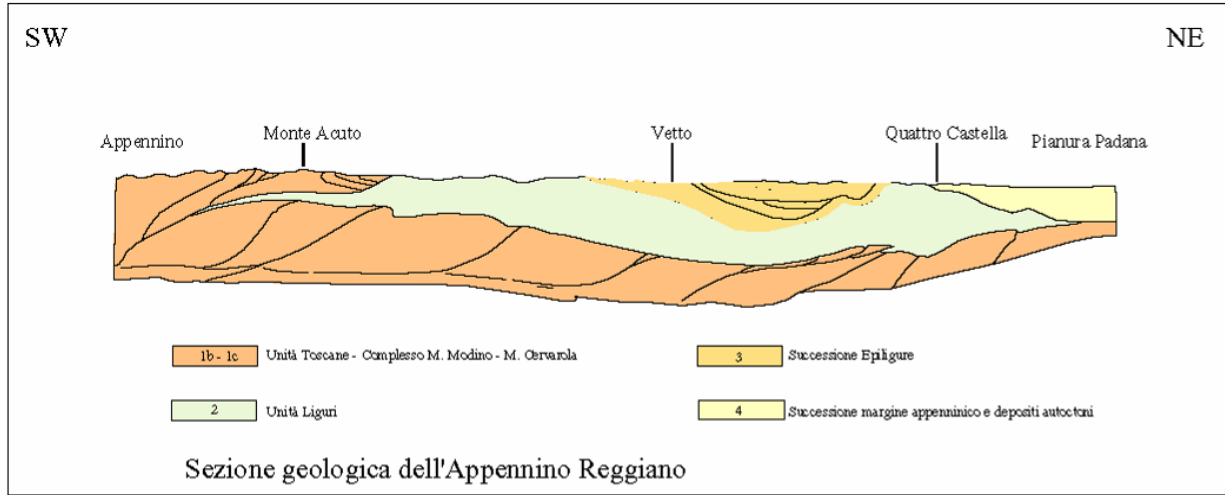
Nel sottosuolo di quest'ultimo, in base ai dati *AGIP e R.E.R.*, il tetto del Quaternario Marino (Qm. CARG ER) si rileva a  $-450$  m dal piano campagna ed appartiene ad una depressione sinclinalica. Tale struttura é coperta da sedimenti di piana fluviodeltizia di ambiente marino marginale ed in parte di prima alluvionale e di conoide distale, seguiti verso l'alto stratigrafico da alluvionali formate da livelli sabbiosi più o meno continui, soventemente lentiformi, intercalati a sequenze prevalentemente limoso argillose.

Dette sequenze, Sintema Emiliano - Romagnolo, nel sottosuolo dell'area a cui appartiene Bastiglia non evidenziano la significativa presenza di deformazioni correlate a variazioni tettoniche, come invece si osserva nelle zone 15 - 20 Km ad ovest (Correggio - Bagnolo - Novellara).

L'interfaccia acque dolci - acque salmastre è generalmente rinvenibile, tra Nonantola, Sorbara e Soliera, tra  $-450/-500$  m e  $-600/-650$  m dal piano campagna.

La serie litostratigrafica, che sarà descritta con maggior dettaglio nella parte idrogeologica, é ascrivibile alla fascia della Media Pianura Padana costituita dagli apporti distali dei fiumi appenninici. Detta successione ricalca l'assetto strutturale del substrato prepliocenico attenuandolo.





Sovrascorrimento plio-quadernario  
(4,5 - 1 Ma)  
Pliocene-Quaternary thrust fault  
(4,5 - 1 My)

Sovrascorrimento post Pleistocene medio  
(<1 Ma)  
Post Middle Pleistocene thrust fault  
(<1 My)

Senso di movimento  
Direction of movement



UNITÀ CRONOSTRATIGRAFICHE	ETÀ Ma	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA Ma
QUATERNARIO CONTINENTALE		
QUATERNARIO MARINO		
SUPER SISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO		
SUPER SISTEMA EMILIANO ROMAGNOLO		
SISTEMA EMILIANO ROMAGNOLO INFERIORE		
SISTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE		
ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI		
	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE 0.125
	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
	~0.65	
	~0.8	0.89
	~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE
	~2.2	1.72
	~3.3-3.6	3.55
		PLEISTOCENE INFERIORE MIocene

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

ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE
1.000	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	SA Civiltà (1.000) SA Carlinga (950-1000) SA Biscione-Lungobordo (915-950) SA Romano-Saraceno (915)
476		ETA ROMANA	SA Saveriana SA Anagnina SA Ardeana SA Terracina SA Appollonia e Caserta
100	POSTGLACIALE	ETA DEL FERRO	Cultura di Vinca (1.000-800) Cultura di Castelletto (1.000-800) Cultura di Sesto (1.000-800)
800		ETA DEL BRONZO	Cultura di Castellana (1.000-800) Cultura di Sesto (1.000-800)
1.000		BRONZO	Cultura di Castellana (1.000-800) Cultura di Sesto (1.000-800)
2.000		NEOLITICO	Cultura di Castellana (1.000-800) Cultura di Sesto (1.000-800)
3.000	POSTGLACIALE	SPALDIZIO	Cultura di Castellana (1.000-800) Cultura di Sesto (1.000-800)
6.000		PALEOLITICO SUPERIORE	Madrienero (10.000-9.000) Baldone (10.000-12.000) Pescina (10.000-12.000)
11.000			PALEOLITICO MEDIO
18.000	POSTGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE	Castellana
20.000			Castellana
25.000	POSTGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE	Castellana
30.000			Castellana
35.000	POSTGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE	Castellana
40.000			Castellana
45.000	POSTGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE	Castellana
50.000			Castellana

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA			SCALA CRONOSTRATIGRAFICA	
EPOCHE		ETÀ STANDARD		
0	PLEISTOCENE	1.7 CALABRIANO		
		2.8 PIACENZIANO		
5	PLIOCENE	4.2 TABIARIANO		
		5.2 MESSINIANO		
10	MIOCENE SUPERIORE	6.6 TORTONIANO		
		11.5 SERRAVALLIANO		
15	MIOCENE MEDIO	15.5 LANGHIANO		
		16.5 BURDIGALIANO		
20	MIOCENE INFERIORE	22.5 ACUTANIANO		
		24		
25	OLIGOCENE SUPERIORE	32 CATTIANO		
		37 RUPELIANO		
30	OLIGOCENE INFERIORE	40 PRIABONIANO		
		44 BARTONIANO		
35	EOCENE SUPERIORE	49 LUTEZIANO		
		53.5 YPRESIANO		
40	EOCENE MEDIO	60 THANETIANO		
		65 DANIANO		
45	EOCENE INFERIORE	65		
		65		

UNITA' DELLA SCALA STANDARD									
DATAZIONI IN MA	EDON	ERE EDATERRI	PERIODI	EPOCHE	ETA	ALTRE UNITA'			
			SISTEMI	SERIE	PIANI				
1.8 5 24 37 53.5 65 96 143 212 247 289 367 416 446 509 575	C E N T R O Z I A N O	F O I A C R I O	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTI		
				PLEISTOCENE	TIRRENIANO				
					MILAZZIANO	CRIOFIANO			
			NEOGENE	PLIOCENE	SICILIANO				
					EMILIANO				
					CALABRIANO	SANTERAMO	VILLAFRANCO	ASTIANO	
					PIACENZIANO				
					ZANCLEANO				
					MESSINIANO	PONTICO		TABIARIANO	
				MIOCENE	TORTONIANO	PANNONICO		ANDALUSIANO	
					SERRAVALLIANO		SARMAZIANO	ELVEZIANO	
					LANGHIANO				
					BURDIGALIANO				
					ACUTANIANO				
					CATTIANO				
PALEOGENE	OLIGOCENE	RUPELIANO	LATORFIANO	TONGRIANO	LUDIANO				
		PRABONIANO		BARTONIANO	SAVERSIANO				
		LUTEZIANO	BIARRIZIANO						
	EOCENE	YPRESIANO	CUSIANO	LELDIANO	ESPARNAZIANO				
		SPILLECCIANO							
		THANETIANO			LANDEMIANO				
CRETACICO	MIOCENE SUPERIORE	MAASTRICHTIANO							
		CAMPANIANO							
		SANTONIANO							
		CONIACIANO							
		TURONIANO							
		CENOMANIANO							
	MIOCENE INFERIORE	ALBIANO				LAGONIANO			
		APTIANO							
		BARREMIANO							
		HAUTERIVIANO				WEALDIANO			
		VALANGINIANO							
		BERRIASIANO				PLURIBIANO			
		PORTLANDIANO				YOLGIANO			
		KIMMERIDGIANO				(TITONICO)			
		OXFORDIANO				CORALLIANO			
GIURASSICO	DOGGER				(SEQUANIANO)				
					PIACENZIANO				
					LAGONIANO				
LIAS	PLIENS BACHIANO								
	SINE MURIANO								
	HETTANGIANO								
TRIASSICO	superiore	RETICO							
		NORICO							
		CARNICO							
	medio	LADINICO							
		ANISICO							
		SCITICO							
inferiore	TATARIANO								
	KAZANIANO								
	KUNGURIANO								
PERMIANO	superiore	ARTINSKIANO							
		SAKMARIANO							
		ORENBURGIANO							
	inferiore	GZELIANO							
		MOSCOWIANO							
		BASHKIRIANO							
CARBONIFERO	SILESIANO								
	DINANTIANO								
	VISEANO								
DEVONIANO	superiore	TOURNAISIANO							
		FAMENIANO							
		FRASIANO							
	medio	GIVETIANO							
		EIFELIANO							
		EMSIANO							
inferiore	SIEGENIANO								
	GEDINNIANO								
	PRIDOLIANO								
SILURIANO	superiore	LUDLOVIANO							
		WENLOCKIANO							
	inferiore	LLANDOVERIANO							
ORDOVICIANO	superiore	VALENTIANO							
		ASHGILLIANO							
		CARADOCIANO							
	inferiore	LLANDEILIANO							
		LLANVIRNIANO							
		ARENIGIANO							
CAMBRIANO	superiore	SKIDDAVIANO							
		TREMADOCIANO							
		POTSDAMIANO							
medio									
inferiore									

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



## **MODELLAZIONE SISMICA**

### ***CARATTERI TETTONICI E SISMICI DEL TERRITORIO***

Il sottosuolo del territorio tra Nonantola - S. Giovanni in Persiceto - Crevalcore - Carpi - Campogalliano, appartiene all'area pianiziale della Provincia di Modena, rappresentata nel settore in oggetto della fascia della media pianura. Tale zona è contraddistinta in profondità dalla sinclinale: Soliera - Nonantola - S. Giovanni in Persiceto - Argelato - Sabbiuino che raccorda la Pieghe Romagnole, presenti a 3 ÷ 5 km più a sud, con le Pieghe Ferraresi rinvenibili 12 ÷ 15 km a settentrione.

Le Pieghe Romagnole, a meridione della zona in oggetto sono caratterizzate dalla Dorsale di Castelfranco E. - Ponte Samoggia - Tavernello d'Emilia e dalla Dorsale di Albareto - Bagazzano, rappresentati il proseguimento settentrionale dei motivi tettonici appenninici affioranti a sud di Modena - Bologna. In direzione nord il substrato si approfondisce rapidamente nella Sinclinale di Soliera - Nonantola - Argelato - Sabbiuino, per poi innalzarsi gradualmente sino ai sovrascorrimenti che delimitano l'ala meridionale dell'arco delle Pieghe Ferraresi nella fascia S. Pietro in Casale - Cento - S. Felice sul Panaro.

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

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

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

Le struttura delle Pieghe Romagnole è ulteriormente suddivisa in blocchi da faglie trasversali, che delimitano le dorsale di Minerbio - Selva e le componenti arcuate degli sovrascorrimenti nella Dorsale Castelfranco E. - P.te Samoggia. Dette linee tettoniche avrebbero subito movimenti anche in tempi recenti, Pliocene - Pleistocene inf. (5 ÷ 0,89

Ma<sup>1</sup>), come suggeriscono le flessioni in verso occidentale del F.Reno e T.Samoggia che non appaiono giustificabili solamente con diversi equilibri di sedimentazione.

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

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

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

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

L'assetto geostrutturale della base del Pliocene nel sottosuolo del territorio in narrativa evidenza che esso è ubicato in corrispondenza della zona occidentale della sinclinale di Soliera - Crevalcore - Argelato al passaggio, mediante faglie inverse, alle Pieghe Emiliane.

In prossimità del confine comunale meridionale di Bastiglia è presente una linea di sovrascorrimento che si estende in direttrice ovest est che, transitando allo spigolo sud est di detto comune, procede verso oriente in direzione di S. Agata Bolognese.

Detti sovrascorrimenti di età Miocene - Pliocene risultano successivamente riattivati.

L'assetto strutturale sopra descritto ha generato condizioni che hanno consentito l'accumularsi di una potente coltre sedimentaria alluvionale che, nel sottosuolo di Soliera - Bastiglia - Sorbara giunge a -250 ÷ -330 m dal piano campagna per le sequenze del Gruppo Acquifero A ( 0,35 ÷ 0,45 Ma), questo è seguito sino a -400 ÷ -550 m pc dal

---

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

Gruppo Acquifero B (0,45 ÷ 0,65 Ma); dalla sopraddetta profondità a -700 ÷ -750 m pc si rinviene la parte sommitale del Gruppo Acquifero C (0,65 ÷ 0,9 Ma).

### **Attività Tettonica**

L'interazione tra le strutture che costituiscono le Pieghe Romagnole, alla quale è conseguito il sollevamento delle sopraccitate dorsali, evidenzia l'attività in età Pliocene - Pleistocene inf., della linea di sovrascorrimento Ganaceto - Nonantola - Corticella ed analogamente anche per la linea S.Agata B.se - S.Giovanni in P.to - S.Giacomo Martignone (*Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, M, Boccaletti - L. Martelli; 2004*).

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

Nella zona a settentrione, 19 ÷ 25 km a nord di Soliera - Bastiglia, le linee attive sono rappresentate dal Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso - Cenozoica e dal sovrascorrimento che delimita l'ala settentrionale della Dorsale Ferrarese, entrambi orientati ovest nord ovest - est sud est, circa da Fabbrico - Novi di Modena a Mirandola a Poggio Renatico.

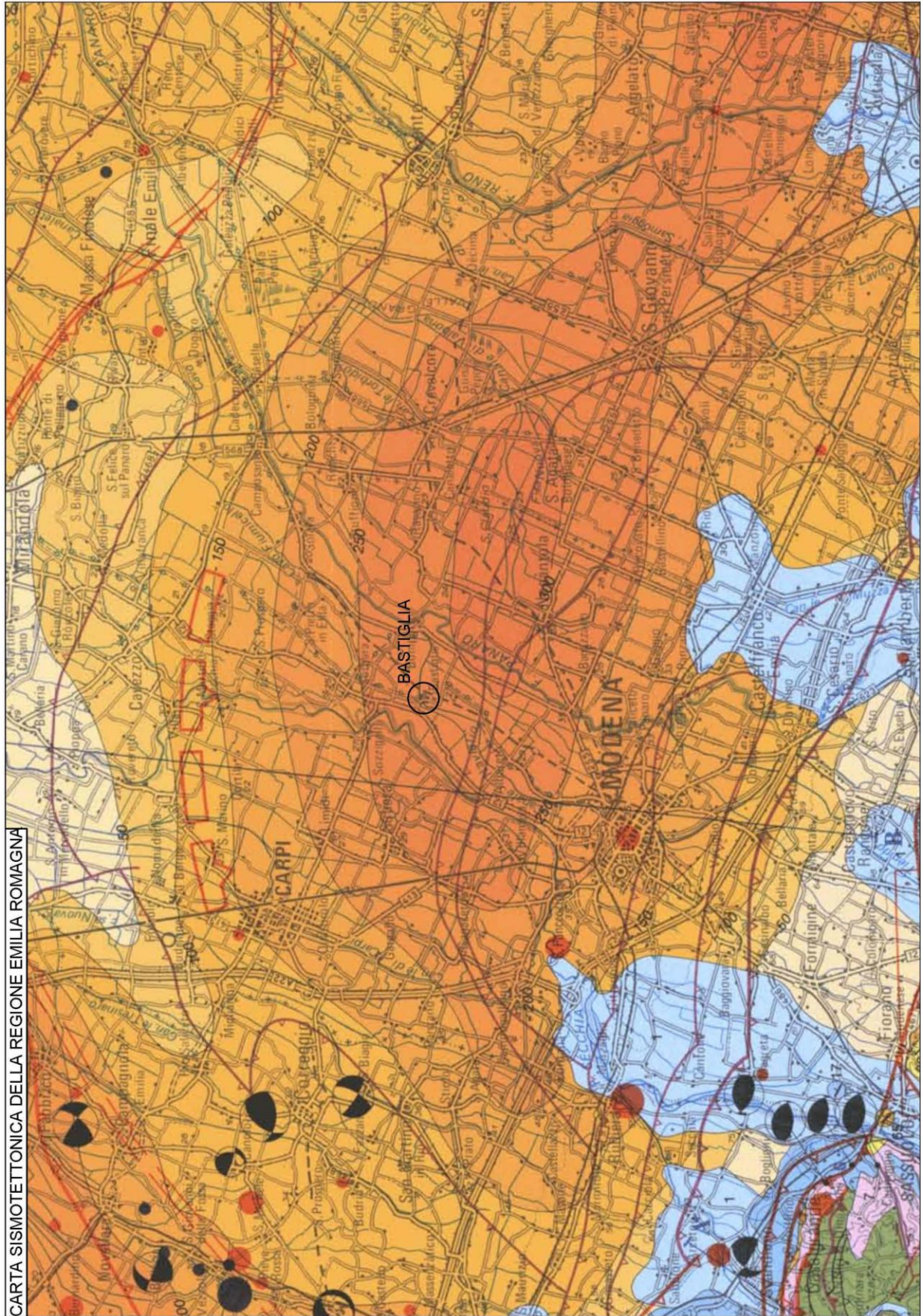
A sud della sopra citata linea, 9 ÷ 10 Km a settentrione di Soliera - Bastiglia, è individuata la presenza del Fronte di Accavallamento del Basamento.

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

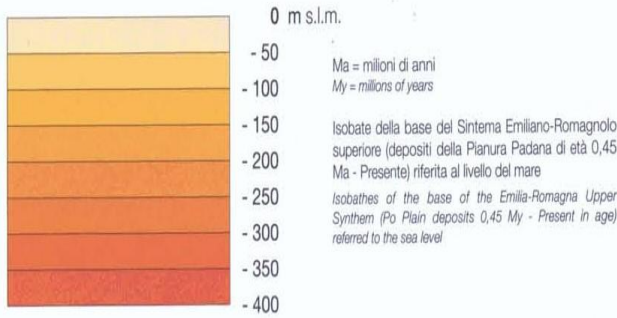
Alle fasi compressive che hanno generato le sopra descritte strutture è correlata l'attività sismogenetica, prevalentemente di tipo superficiale: < 15km dal piano campagna, che principalmente interessa il territorio in oggetto come evidenziano gli epicentri sismici con  $M = 6$  di Finale Emilia,  $M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











- 1 Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)  
*Alluvial fan and intramountain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)*
- 2 Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8- 0,01 Ma)  
*Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)*
- 3 Sabbie di Imola (Pleistocene medio, 0,8 - 0,65 Ma)  
*Imola Sands (Middle Pleistocene, 0,8 - 0,65 My)*
- 4 Sabbie gialle (Pleistocene inferiore, 1 - 0,8 Ma)  
*Yellow sands (Early Pleistocene, 1 - 0,8 My)*

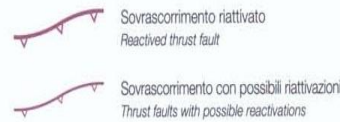
- 6 Depositi marini post fase Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, 4,5 - 1 Ma)  
*Post Early Pliocene ( G. Puncticulata zone) tectonic phase marine deposits (Early Pliocene -Early Pleistocene, 4,5 - 1 My)*
- 7 Depositi lagunari e marini compresi tra le fasi tettoniche del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (6,3 - 4,5 Ma)  
*Late Messinian-Early Pliocene (G. Puncticulata zone) lagoonal and marine deposits (6,3 - 4,5 My)*
- 10 Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)  
*Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)*

**Strutture sepolte Buried structures**

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo  
*Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsol geological data*



Fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)  
*Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)*



**Meccanismi focali Earthquake focal solutions**

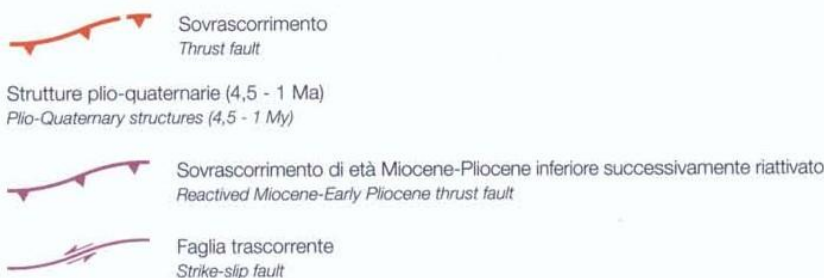


**Epicentri dei terremoti Earthquake epicenters**



**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*



## **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

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

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

### ***Caratteri Geomorfologici (Carta Litomorfologica)***

Il territorio in oggetto, circa compreso tra la Via Emilia e l'allineamento Carpi - Cento, appartiene alla Fascia della Media Pianura Appenninica costituita dalle evoluzioni idrografiche 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.

In tali 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 comportanti fenomeni di piena fluviale, si generano, in condizioni naturali, rotte e/o tracimazioni che causano la mutazione nelle direzioni degli alvei. I tratti residui di fiume così originatisi costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del reticolo idrografico.

Un sistema paleoidrografico come quello descritto (vds. Tav. QC.02.1.1.2) è chiaramente osservabile a meridione dell'allineamento Via Secchia - Canale Naviglio alla quale appartiene il Capoluogo. In tale zona si rileva un tratto di paleoalveo a direttrice ovest - est, che delimita ambiti morfologicamente depressi che denunciano ritardi nei colmamenti e zone a grado subsidente relativamente maggiore, rappresentanti ambiti vallivi di pianura. Il settore in oggetto è ulteriormente suddiviso in due fasce da un tratto di antico canale fluviale esteso sud nord concordemente all'attuale tracciato del Canale Naviglio.

Nella zona sud occidentale dell'area comunale è attualmente osservabile il tracciato residuale sub meandriforme di un precedente percorso del F. Secchia, chiaramente correlato a taglio e rettificazione antropica dell'asse fluviale in narrativa.

Quest'ultimo, con le passate azioni deposizionali, ha formato la fascia che caratterizza il settore occidentale del territorio comunale di Bastiglia (MO).

Le successioni litologiche dei primi 20 ÷ 25 m dal piano campagna sono prevalentemente costituite da alternanze di strati argilloso limosi e limosi con intercalati subordinati strati lentiformi sabbioso limosi e torbosi con spessore di 0,4 ÷ 1 ÷ 1,5 m, nelle aree di infralveo comprese tra i dossi di antico percorso fluviale e gli ambiti vallivi; tali sequenze caratterizzano anche le zone a nord di Via Secchia - Capoluogo - Canale Naviglio e le fasce latitanti quest'ultimo canale nella parte centrale del territorio a sud del sopraccitato allineamento, e sono inoltre presenti nella striscia ad oriente del F. Secchia.

Si rilevano sequenze prevalentemente argillose - argilloso limose con subordinate sottili intercalazioni lentiformi limose - limoso sabbiose nelle zone vallive, nel settore meridionale centrale e nella fascia al bordo orientale dell'area comunale.

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

Le sequenze litostratigrafiche dei primi 5 ÷ 6 m del sottosuolo descritte, concordano con i caratteri geomorfologici territoriali ascrivibili alle zone di pianura contraddistinte in condizioni naturali da un medio - medio elevato grado di instabilità idraulica.

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

Sull'evoluzione idrografica naturale ha esercitato una sensibile influenza l'uomo, come evidenzia l'analisi di alcune carte storiche del 1600 - 1700 che visualizzano antichi tratti fluviali che denunciano opere di rettifica e regimazione antropica.

Gli agenti descritti hanno formato una topografia blandamente ondulata in senso ovest - est con quote medie del piano campagna naturale comprese tra 47 e 40 mslm



nelle zone meridionali, tra 24 e 28 mslm ad eccezione della fascia adiacente il F. Secchia, caratterizzata da quote comprese tra 29 e 33/34 mslm.

## **IDROGEOLOGIA**

### ***Idrografia di superficie***

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del *Consorzio della Bonifica Burana* appartenenti al bacino idrografico del F. Secchia che a sua volta fa parte di quello del Po.

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

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientati prevalentemente in senso sud ovest - nord est e secondariamente in direttrice nord ovest - sud est.

I deflussi idrici delle acque di superficie, per la parte che non si infiltra nel sottosuolo, avvengono tramite un sistema di scoli e fossi minori che offeriscono ai cavi: Levata e Argine, tributari del Canale Naviglio.

Relativamente agli assi drenante della rete idrica, si riscontra che il Canale Naviglio insiste su un tratto di antico percorso fluviale naturale.

In tale caso è opportuno un attento controllo sulla qualità delle acque immesse in detto tratto della rete idrica superficiale poiché l'interscambio di fluidi con la falda freatica in detta fascia del territorio è particolarmente attivo.

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

Ne consegue, considerando i fenomeni di tracimazione verificatisi nel territorio negli anni 1958 - 1964 - 1979 - 1992 - 1996, che il sistema di scolo superficiale richiede un adeguamento alle necessità di oggi in relazione ai mutati coefficienti idrometrici e tempi di corrivazione.

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

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

### **Ambiente Idrico Sotterraneo**

L'analisi sulle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, per definire l'assetto della falda freatica e delle sue peculiarità, e gli elementi che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici profondi: acquifero principale, si è attuata mediante rilevamento diretto nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni.

### **Definizione del sistema idrogeologico**

Il territorio di Bastiglia 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 assemblati in alternanze di livelli più o meno permeabili con rapporti stratigrafici sensibilmente complessi.

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

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

### **Schema Idrogeologico regionale**

La successione di sedimenti fluviali, palustri, deltizi e marini di età pliocenico-quadernaria costituisce un complesso di forma e spessore variabile che ricopre il substrato diagenizzato prepliocenico e può essere schematicamente riassunta come di seguito descritto:

- a - *Formazioni Oloceniche (0 - 0,012 Ma<sup>2</sup>)*: alternanze di orizzonti sabbiosi intercalati a complessi argillosi con presenza di livelli torbosi. Le facies sedimentarie sono essenzialmente continentali e gli spessori compresi tra 10 m e 50 m.
- b - *Formazioni Pleistoceniche (0,012 - 1,8 Ma)*: orizzonti sabbiosi intercalati ad argille-argille sabbiose che risultano globalmente più argillosi delle formazioni oloceniche; con il Pleistocene compaiono generalmente le acque salate.  
Tale complesso é costituito dal Quaternario Continentale e Marino e presenta sedimenti di ambiente marino-lagunari per spessori che variano da 0 m (Novi) a 700 m. Il passaggio tra Pleistocene ed Olocene generalmente non é netto ma graduale.
- c - *Formazioni Plioceniche*
- c' - *Pliocene Superiore e Medio (1,8 - 3,55 Ma)*: orizzonti argillosi che passano lateralmente sia a bancate argilloso sabbiose che a formazioni marnoso siltose con intercalati livelli arenaceo sabbiosi. Sono depositi di ambiente marino e hanno spessore compreso tra 0 (Novi) e 1200 m.
- c'' - *Pliocene Inferiore e Medio Inferiore (3,55 - 5,2 Ma)*. alternanze a sabbie ed argille con intercalazioni marnoso sabbiose. Lo spessore varia da 100 a 1000 m.
- d - *Formazioni Mioceniche (5,2 - 24 Ma)*: marne, a volte siltose, con intercalazioni sia arenacee che di straterelli gessosi e/o calcareo-arenacei. L'ambiente deposizionale è francamente marino.

Alle Formazioni Mioceniche segue la serie Paleogenica costituita da rocce diagenizzate.

In base alla serie descritta risulta evidente che le falde idriche dolci sono rinvenibili essenzialmente nelle formazioni continentali dato che le acque di strato salmastre e/o salate dei livelli pleistocenici non sono state sostituite.

---

<sup>2</sup> Ma = Milioni di anni

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

Per quanto riguarda la base delle acque dolci, in relazione ai dati *AGIP*, *SPI*, *IDROSER*, *RER*, dello studio Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna, si localizza nel sottosuolo dell'area in oggetto a profondità mediamente comprese tra -400 e -500 metri dal piano campagna.

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

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

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

### **Serie Idrogeologica Locale**

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

La successione e gli assetti geometrici dei complessi acquiferi sono visualizzate negli elaborati: Sezioni Geologiche 1 e 2, Tav. QC.02.1.1.1.

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambito continentale di età olocenica (10.200 - 12.000 anni b.p. fino all'attuale.) non evidenzia generalmente pronunciate influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche. Lo spessore dell'unità in oggetto oscilla mediamente tra 20 ÷ 25 m.

e raggiunge tendenzialmente profondità maggiori nelle zone settentrionali - nord orientali dell'area in esame, dove si rinviene sino circa a -25 m dal piano campagna.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica hanno geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con elevati arricchimenti nelle frazioni limose.

Queste ultime costituiscono fasce che limitano sensibilmente le velocità della circolazione idrica sotterranea orizzontale.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale si riscontrano tra -6 e -10m. pc; tra -15÷ -16 e -18 ÷ -20 m. pc.

Complesso Acquifero A1 (Unità geologica AES7): è correlabile a deposizioni avvenute tra 10-12.000 e 125.000 anni b.p., denota l'assenza di influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano. Tale insieme presenta spessori generalmente compresi tra 70 e 80 ÷ 85 m con potenze relative minori nella zona meridionale corrispondenti in media a 70 m, e si rinviene generalmente sino a -95 ÷ -100 ÷ -110 m dal piano campagna. Gli spessori più rilevanti si riscontrano nelle fasce nord orientali.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità si riscontrano a profondità tra -30 ÷ -35 m p.c.; tra -40 ÷ -45 m pc; tra -55 ÷ -60 m. pc e tra -75 ÷ -80 m. pc, questi ultimi di tipo discontinuo; un ulteriore livello è individuato tra -85 e -90 m. pc. Gli spessori di tali orizzonti sono mediamente equivalenti a 2/3 m localmente 4/5 m.

#### Complessi Acquiferi A3/A4 indifferenziati

Porzione sommitale del Sistema Alluvionale Superiore - AES6: denota una trascurabile/ assenza influenza dei movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano, tra 125.000 e 250.000 anni b.p..

Detta unità presenta spessori generalmente variabili tra 85 e 95 m, con potenze relativamente costanti; si riscontra sino a -185 ÷ -190 m p.c..

I livelli acquiferi più significativi si riscontrano al tetto dell'unità, a -100÷ -110 m p.c. dove costituiscono l'orizzonte di passaggio, con spessore di 2÷ 5m, rispetto alla soprastante unità (AES7); si rilevano orizzonti discontinui tra -115 e -120 m p.c. e tra -140 e -150 m p.c..

Porzione basale del Sintema Alluvionale Superiore - AES: localmente evidenzia una trascurabile influenza di deformazioni correlate ai movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano tra 250.000 e 400.000 ÷ 450.000 anni b.p.; gli effetti sono connessi a variazioni eustatiche e climatiche, tale unità presenta spessori generalmente variabili tra 90 e 100 m raggiungendo profondità di -285 ÷ 300 m p.c.. Gli orizzonti acquiferi individuabili sono presenti prevalentemente al tetto dell'unità tra -190 e -200 m e hanno spessore di 3 ÷ 5 m e costituiscono il livello di passaggio con la soprastante unità (AES6); si rilevano altri livelli discontinui tra -220 e -225 m p.c.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI): non evidenzia sia alla base che al tetto significative influenze dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 ÷ 450.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata essenzialmente a caratteristiche di ambiente deposizionale.

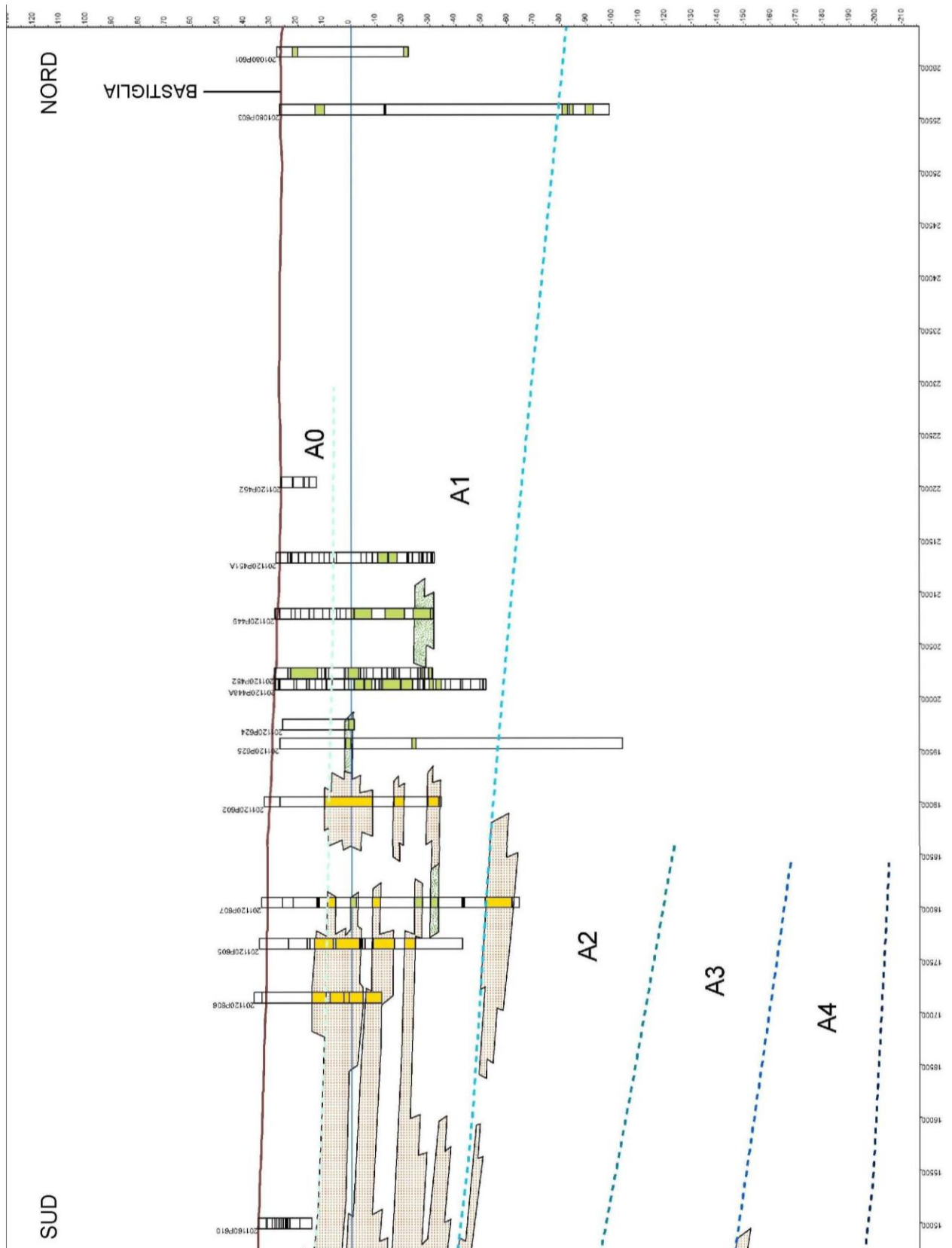
Presenta spessori variabili tra 180 e 200 m si rinviene sino a profondità di -450 ÷ 500 m p.c..

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità dove costituiscono il livello di transizione con spessore di 2 ÷ 5 m alla soprastante unità (AES); è stato individuato anche un altro livello discontinuo, con spessore di 5-6 metri a profondità tra -420 e -430 m p.c..

In base ai valori di trasmissività medi del territorio, pubblicati da *IDROSER*, equivalenti a:

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

si evidenzia una velocità di ricarica degli acquiferi, presenti nei primi 200 m del sottosuolo, di tipo medio basso.



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

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

Dette rilevazioni sono state effettuate nel mese di Marzo 2012 ed hanno interessato il territorio del comune di Bastiglia.

Dei dati relativi ai livelli d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo si sono elaborate le 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*.

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

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

La carta delle isopieze visualizza quindi:

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

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

### **Isopieze dell'acquifero**

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



L'assetto isopiezometrico generale identifica nel settore occidentale e nella zona settentrionale la presenza di una conformazione a falda conica divergente, con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei territorialmente orientate in verso ovest concordante con i moti di flusso che si sviluppano, per condizioni di alimentazione correlate al F. Secchia e al corpo sabbioso di paleoalveo che da esso si diparte nella zona settentrionale del comune in località C. Pollastri e si estende in direttrice orientale assecondando l'andamento Strada Secchia - Canale Naviglio.

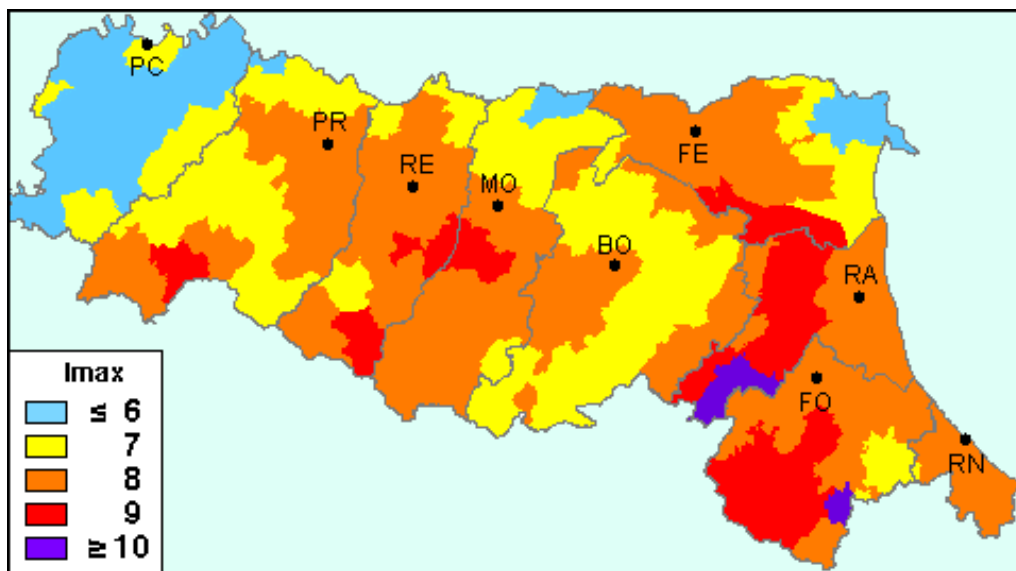
Il territorio a meridione di Via Brennero è caratterizzato prevalentemente dalla presenza di una falda conica convergente, con direzioni di moto dei flussi idrici orientate ad est.

La conformazione della superficie piezometrica si articola in alti e bassi strutturali, correlati sia alla variazione in spessore degli orizzonti permeabili che alla geometria dell'acquifero di base.

## CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### Pericolosità sismica

Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Bastiglia (MO) il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (*D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996*) sono documentati eventi sismici giungenti al 7 grado della Scala *Mercalli - Cancani - Sieberg*, con intensità massima corrispondente ad  $M = 5,5 \div 5,6$ , come evidenziato nella seguente figura.



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

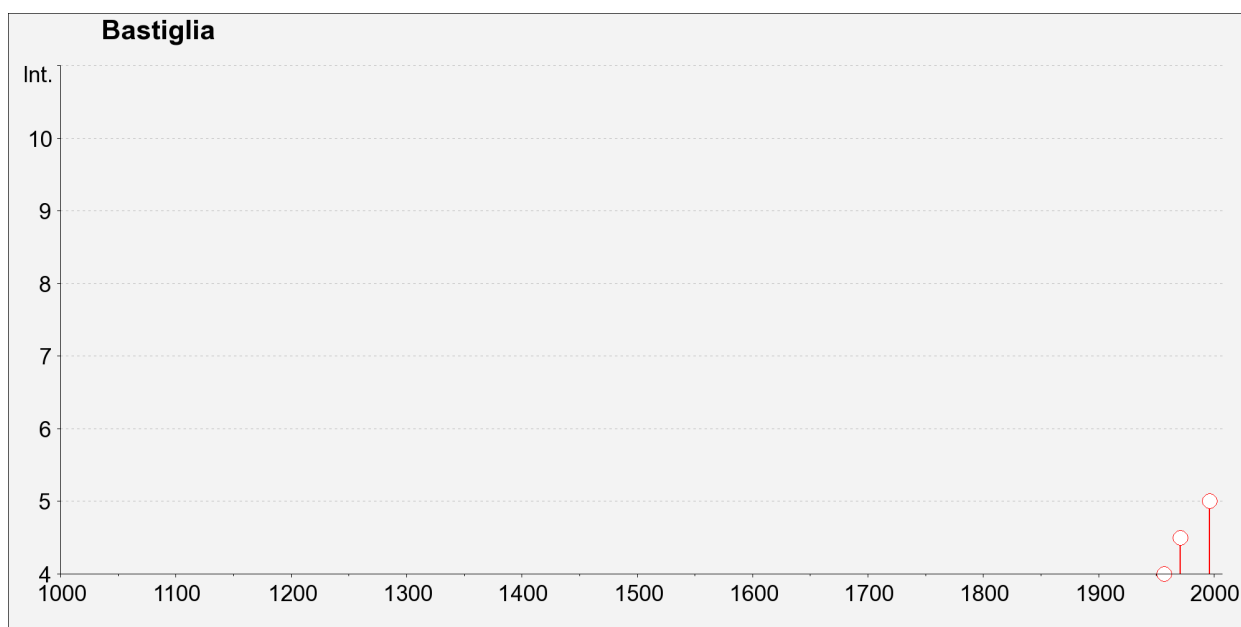
#### Storia sismica di Bastiglia

Numero di eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:				
Is	Data	Ax	Np	Io	Mw
4	<a href="#">1957 08 27 11:5</a>	ZOCCA	58	5	4.65 -0.21
4-5	<a href="#">1971 07 15 01:3</a>	Parmense	229	8	5.64 -0.09

Effetti	In occasione del terremoto del:				
Is	Data	Ax	Np	Io	Mw
NF	<a href="#">1986 12 06 17:0</a>	BONDENO	604	6	4.61 -0.10
3-4	<a href="#">1988 03 15 12:0</a>	Reggiano	160	6	4.66 -0.12
NF	<a href="#">1992 04 17 11:5</a>	Monteveglia	56	4-5	4.32 -0.18
5	<a href="#">1996 10 15 09:5</a>	Correggio	135	7	5.41 -0.09
3	<a href="#">1997 05 12 22:1</a>	Reggiano	56	4-5	4.22 -0.27
3	<a href="#">1998 02 21 02:2</a>	Reggiano	104	5	4.34 -0.17

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



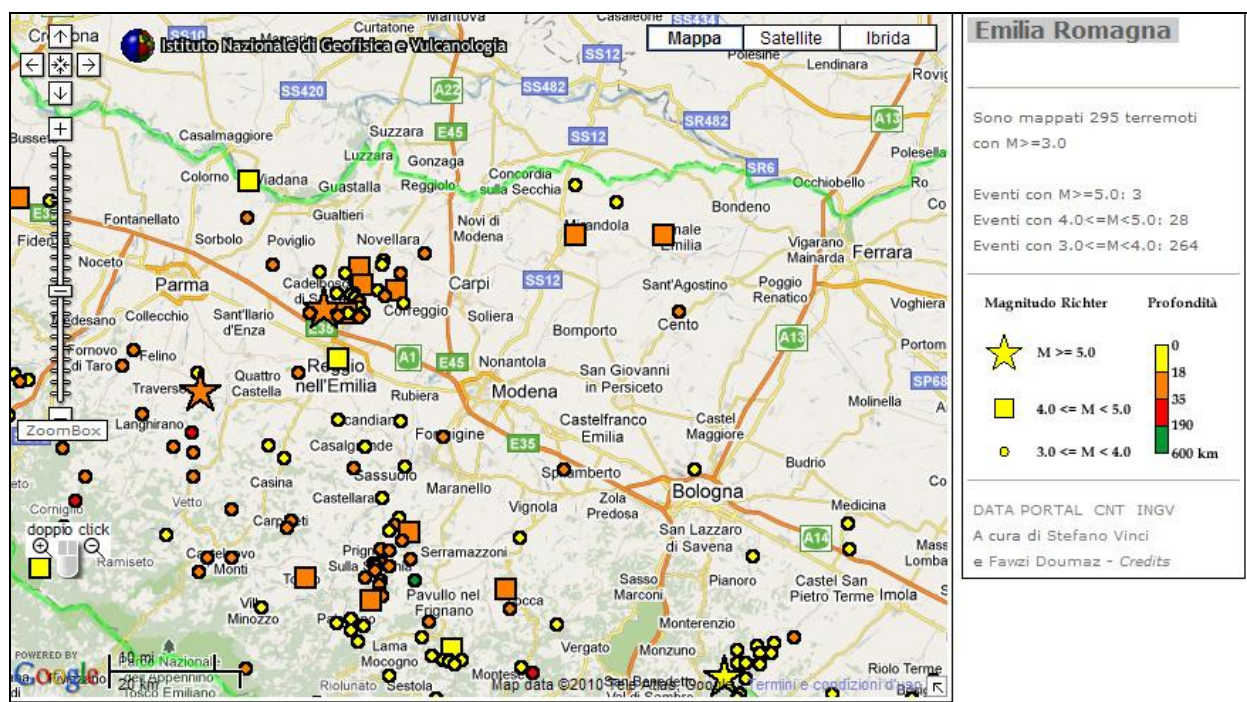
(tabella e grafico reperiti dall'archivio DBMIO4, consultabile al sito internet <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>)

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

- la storia sismica di Bastiglia ha scarsa testimonianza ed estensione temporale (il primo evento riportato risale al 1957)
- la sismicità può essere di tipo medio basso con intensità massime percepite corrispondenti al 5° - 6° grado corrispondente a magnitudo stimate in 4.8 ÷ 5.2.

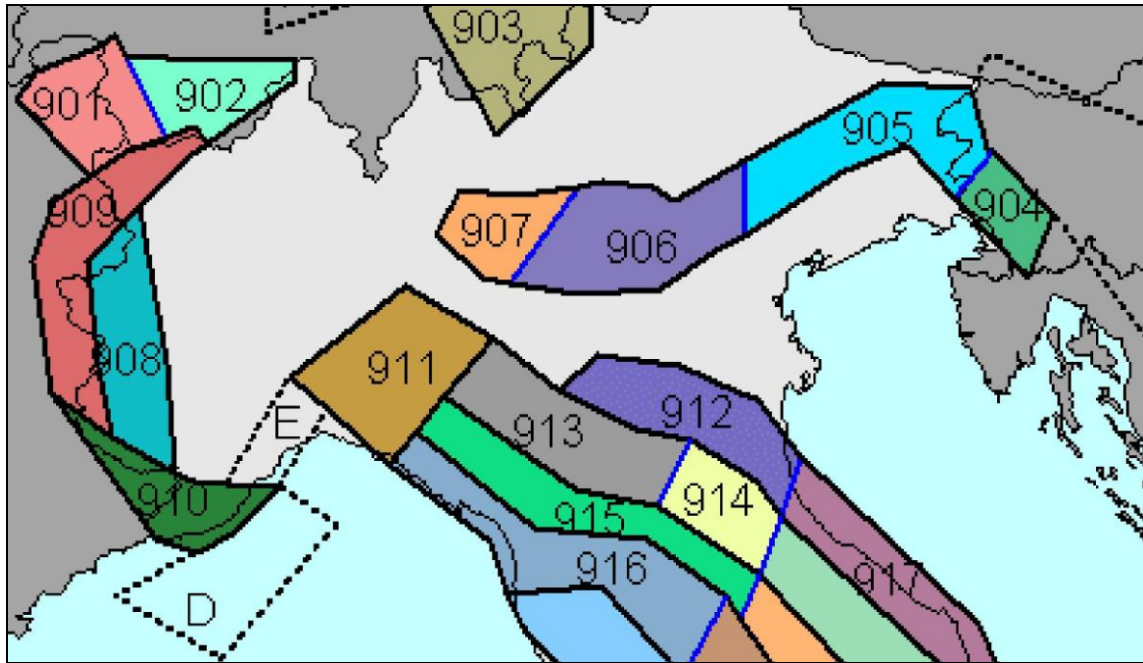
- le sopradette massime intensità sismiche sono state prodotte sia da eventi di medio bassa sismicità a piccola distanza che da eventi distruttivi localizzati a grande distanza

Gli epicentri sismici verificatisi a breve distanza hanno origine, per la percentuale maggiore, nei primi 15 km del sottosuolo ed in subordine tra -25 e -35 km, evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale.



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

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 912, quindi alla zona di dominio della Dorsale Ferrarese.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

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

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

ZS	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14
912	12	9	6	7	2	2	0

Distribuzione degli eventi sismici per classi di magnitudo per la zona 912 (INGV, 2004)

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

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

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

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

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

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

Le indagini a stazione singola effettuate in 18 punti del territorio comunale, con acquisizione di microtremori ambientali, sono state eseguite utilizzando un sismometro SR04MT/S3 ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 2,0 Hz di frequenza propria.

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

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

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

### ***Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi.***

Le prospezioni, effettuate in numero di 18, 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 2 - 3 m per una lunghezza totale di stendimento di 46 - 69 m.

Il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz.

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

L'elaborazione del segnale, consiste nell'analisi dell'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di

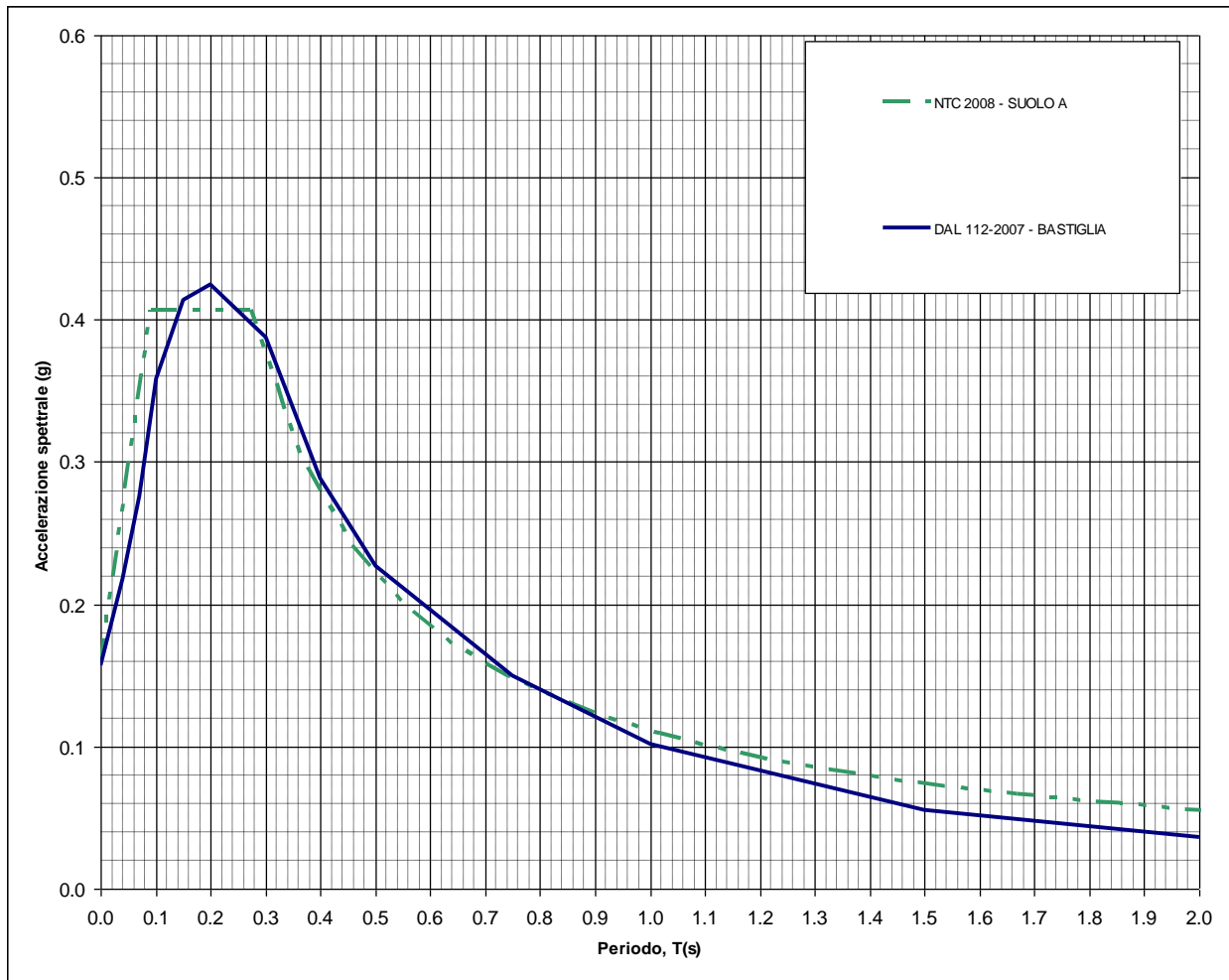
potenza su un grafico  $p-f$ . Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

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

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

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

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*) varia nell'intervallo  $0,150 \div 0,175$  g. Tali dati sono anche stati utilizzati anche dalla Regione Emilia Romagna nella redazione della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 - 2007 “*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica*” dove viene indicata una PGA corrispondente a  $0,157$  g per l'intero territorio comunale.



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

Gli spettri riportati mostrano una generale buona congruenza. Lo spettro DAL112 mostra valori tendenzialmente superiori per i periodi compresi tra 0,1 e 0,8 sec, mentre per periodi superiori lo spettro NTC presenta valori di accelerazione leggermente superiori.

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



## **PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

### **Carta delle indagini**

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

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

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

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 45 prove penetrometriche statiche,
- 3 profili sismici attiva, ad antenna monodimensionale, con metodo MASW.

In riferimento alla caratterizzazione degli ambiti: urbanizzati a quelli di prevedibile nuovo sviluppo e principali reti infrastrutturali, preventivamente selezionati in accordo con l'Amministrazione Comunale ed il Servizio Urbanistico e S.I.T. della Provincia di Modena, per i quali risulta necessario effettuare gli approfondimenti sismici prescritti dai testi di indirizzo riportati in premessa, sono realizzate le seguenti ulteriori indagini:

- 18 misure di sismica a rifrazione passiva con antenna monodimensionale Re.Mi.;
- 18 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R..

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale ed hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata - rettangolare con lati di 700 ÷ 900 m.

**Carta delle frequenze naturali del terreno**

Il territorio comunale di Bastiglia è stato oggetto di una estesa campagna di prospezioni geofisiche che ha permesso di determinare le caratteristiche dinamiche e meccaniche dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo.

A tale finalità sono state effettuate:

- 18 prospezioni geofisiche a rifrazione passiva con antenna monodimensionale (ReMi) con lunghezza di stendimento di 46 - 69 m,
- 18 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSr)

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

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

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

Frequenze Hz	Ampiezze A
$F_0 < 0,5$	$A < 1,5$
$0,5 < F_0 < 0,8$	$1,5 < A < 2,0$
$0,8 < F_0 < 1$	$A > 2,0$
$F_0 > 1$	

Dette associazioni sono state riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni"; le misure sono state identificate attraverso una serie di simboli con colori e dimensioni

differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

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

In generale, si individuano due ambiti principali a risposta in frequenza maggiore o minore di 0,8 Hz, separati grosso modo in senso nord sud dal Canale Naviglio. Ad occidente di quest'ultimo prevalgono terreni con frequenze naturali inferiori a 0,8 Hz ad eccezione dell'intorno della prova H12 in cui si rileva una frequenza corrispondente a 0,95 Hz. Ad est del Canale Naviglio si rilevano invece generalmente frequenze naturali superiori a 0,8 Hz, con un massimo corrispondente a 1,05 Hz a nord est del capoluogo. Fa eccezione l'intorno della prova H02 in cui si rileva una frequenza propria corrispondente a 0,75.

### ***Carta primo contrasto di impedenza***

La carta del primo contrasto di impedenza, tav. QC.02.1.1.6 visualizza la profondità in metri rispetto al piano campagna alla quale si rinviene un orizzonte litotecnico con valori di  $V_s > 300 \div 400$  m/sec che determina un netto contrasto di impedenza con le sequenze litologiche ad esso sovrastanti contraddistinte dai  $V_s$  variabili tra 150 e 250 m/sec. Tali condizioni, qualora le velocità delle onde di taglio nei primi 15 ÷ 20 m del sottosuolo presentino valori di velocità equivalente  $V_s < 180$  m/sec possono influire significativamente sul moto sismico locale.

L'elaborato in oggetto evidenzia che nella fascia settentrionale del territorio comunale ed in quella al bordo orientale la profondità dell'unità con  $V_s > 300 \div 400$  m/sec è mediamente rinvenibile tra -15 e -20 m dal piano campagna. Detto orizzonte a maggior grado relativo di rigidità è probabilmente correlabile ad innalzamenti verso il piano campagna della base dell'unità AES8.

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

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e PA, DGR.ER 1051/2011, e DAL 112/2007, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica,

nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

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

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPSI tav. QC.02.1.1.5, scala 1:5000, elaborata, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

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

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

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

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

Per la redazione "Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)", prevista come elaborato fondamentale del presente studio al primo livello di approfondimento, le porzioni di territorio urbanizzate o suscettibili di trasformazione urbanistiche, al fine di classificare tali aree nelle categorie previste nell'allegato B della D.G.R. 1051/2011, sono state suddivise in:

Zone suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

- Zone suscettibili di amplificazione locali: appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali zone 3 - 4 - 7 - 9 - 10 di legenda, secondo quanto indicato dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall'allegato 1 della D.A.L. 112/2007.
- zone suscettibili di instabilità: appartengono a tale categoria tutte le aree nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi - sabbioso limosi che nei primi 15 m. del sottosuolo presentano spessori superiori a  $2,5 \div 3$  m in unità parte di stratigrafia di 5 m, suscettibili a rischio di liquefazione, zone 1 - 2 - 5 - 6 - 8 di legenda.

Le delimitazioni delle zone, esposte nella legenda della tav. QC.02.1.1.5, si sono così articolate:

1 - Aree stabili con presenza di depositi di piana alluvionale, prevalentemente limoso argillosi - argilloso limosi: zone 7 - 9; effetti attesi: amplificazione litostratigrafica, cedimenti, densificazione;

*studi richiesti:* valutazione amplificazione, stima dei cedimenti e/o densificazione

*microzonazione sismica:* terzo livello di approfondimento per stima cedimenti - densificazione.

2 - Aree stabili con presenza di depositi di piana alluvionale, prevalentemente limoso argillosi, argilloso limosi a grado di consistenza da medio basso a basso, nei primi 5 - 10 m del sottosuolo: zone 3 - 4 - 10;

*effetti attesi:* amplificazione per caratteristiche litologiche, potenziale densificazione e cedimenti;

*studi richiesti:* valutazione amplificazione, stima dei cedimenti e/o densificazione in presenza di materiali a caratteristiche geotecniche scadenti;

*microzonazione sismica:* terzo livello di approfondimento per stima cedimenti - densificazione.

3 - Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale o di canale fluviale che contengono intercalazioni in strati sabbiosi - sabbioso limosi, con spessori maggiori di  $2,5 \div 3$  m: zone 1 - 2 - 5 - 6 - 8;

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, suscettività alla liquefazione, densificazione, cedimenti;

*studi richiesti*: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di suscettività alla liquefazione, stima dei cedimenti e densificazione;

*microzonazione sismica*: terzo livello di approfondimento per verifica di suscettività alla liquefazione, stima dei cedimenti e densificazione in condizioni statiche e dinamiche.

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

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

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

## **TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

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

Contestualmente alla classificazione del territorio con analisi sismica di terzo livello, tale elaborazione definisce i tipi di approfondimenti di terzo livello, integrativi, da effettuarsi, specificando le analisi da sviluppare.

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

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

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta dei punti di indagine sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste

nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n°3907) versione del 05/10/2011.

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

### **Tetto AES6**

Per l'individuazione della profondità rispetto al piano campagna alla quale è rinvenibile l'unità litotecnica con caratteristiche di comportamento assimilabili ad un bedrock sismico light, si sono estrapolati i valori di  $V_s$  in profondità in funzione del gradiente dell'ultimo tratto delle verticali sismiche effettuate, sino ad individuare la quota alla quale è riscontrabile un orizzonte continuo con  $V_s > 600 \div 700$  m/sec.

Dal confronto con le sezioni geologiche si evince che la profondità di detta unità presenta un elevato grado di correlabilità con la quota alla quale si rinviene nel sottosuolo il tetto dell'unità AES6. I settori nei quali le profondità rispetto al piano campagna sono maggiori si riscontrano nella fascia occidentale del territorio comunale circa tra il F. Secchia ed il Cn.le Naviglio ed a sud di via Secchia, dove si attesta a  $-110 \div -130$  m. p.c. ad eccezione dell'intorno di Ca' Rangoni dove è presente tra  $-90$  e  $-100$  m. p.c. Analoghe profondità sono osservabili nel settore orientale del territorio comunale, tra Cn.le Naviglio e Cavo Argine, nella zona settentrionale occidentale ad ovest del capoluogo. Ad oriente di quest'ultimo ed a settentrione del Cn.le Naviglio si riscontrano le profondità relative minori corrispondenti a  $-80 \div -90$  m. p.c.

### **Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ )**

La carta delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), visualizza i parametri delle aree oggetto di microzonazione ed evidenzia i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1.5 m pc. costituiti del suolo ( $V_{s30}$ m/sec) rilevati dalle indagini effettuate: indagini Re.Mi..

In generale le elaborazioni delle acquisizioni effettuate hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 280 m/sec ed un minimo di 183 m/sec.

I valori maggiori si riscontrano nella fascia centrale e settentrionale del territorio comunale con valori che generalmente sono superiori a 225 m/sec. Il settore meridionale



è invece contraddistinto da valori di velocità equivalente delle onde di taglio inferiori a detto valore.

### **Carta dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica**

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

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante codici di calcolo per la MS del comune di Bastiglia, determinati i fattori di amplificazione FA ed FV come previsto dagli ICMS ed i valori dei fattori di amplificazione FA. PGA. ed FA.IS. riferiti agli intervalli 0.1 – 0.3 sec, 0.3 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 1 – 1.5 sec., riferiti alle microzone individuate.

I campi dei valori sopra indicati sono stati definiti in riferimento alle tipologie edificatorie esistenti prevalentemente diffuse nel territorio comunale ed a quelle che in funzione delle indicazioni delle norme urbanistiche sono previste nella percentuale maggiore.

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

All'intervallo  $0.3 < T < 0.5$  sec sono correlabili la prevalenza delle costruzioni ad uso produttivo manifatturiero, commerciale, industriale con altezze sottotrave inferiori a 8 m.

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

### **Definizione degli input sismici**

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

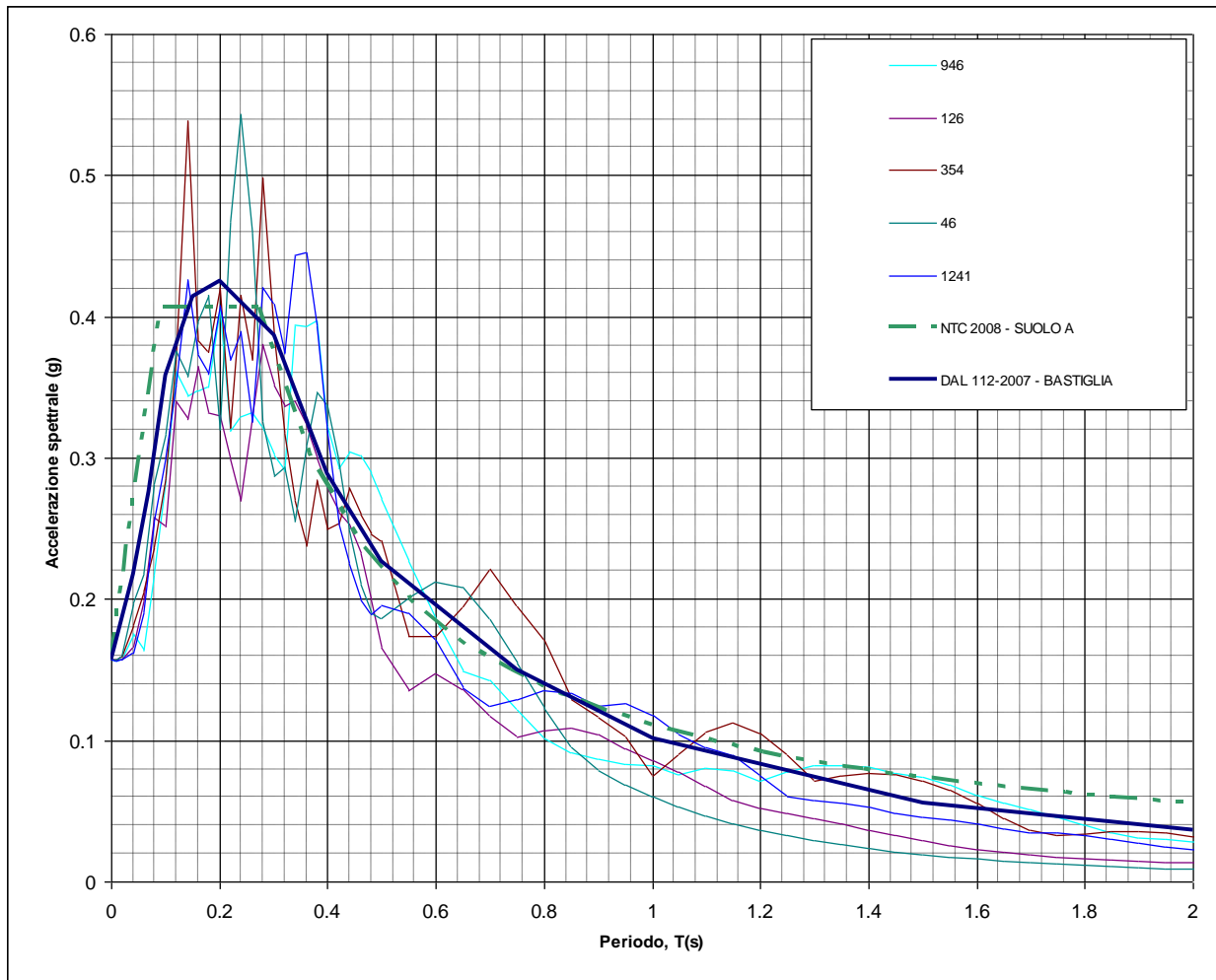
---

<sup>3</sup> Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tento, A., Crespellani, T., Madiari, C., Vannucchi, G., Frassinetti, G., Martelli, L., Palumbo, A., e Viel, G. (1998). Seismic Microzonation of some

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

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata effettuata confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DAL 112-2007, avendo cura di ottenere una congruenza rientrante nella forma normalizzata - la deviazione standard. Tale procedura ha portato alla selezione di 5 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 46, 126, 354) e due ottenuti da selezione nel database internazionale "European strong-motion database" <http://www.isesd-hi-is/> (accelerogrammi 946, 1241).



Spettri di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) calcolato con le indicazioni riportate nella DAL RER 112-2007 ed NTC 2008 e spettri di risposta degli accelerogrammi selezionati normalizzati.

**Calcolo degli effetti di sito**

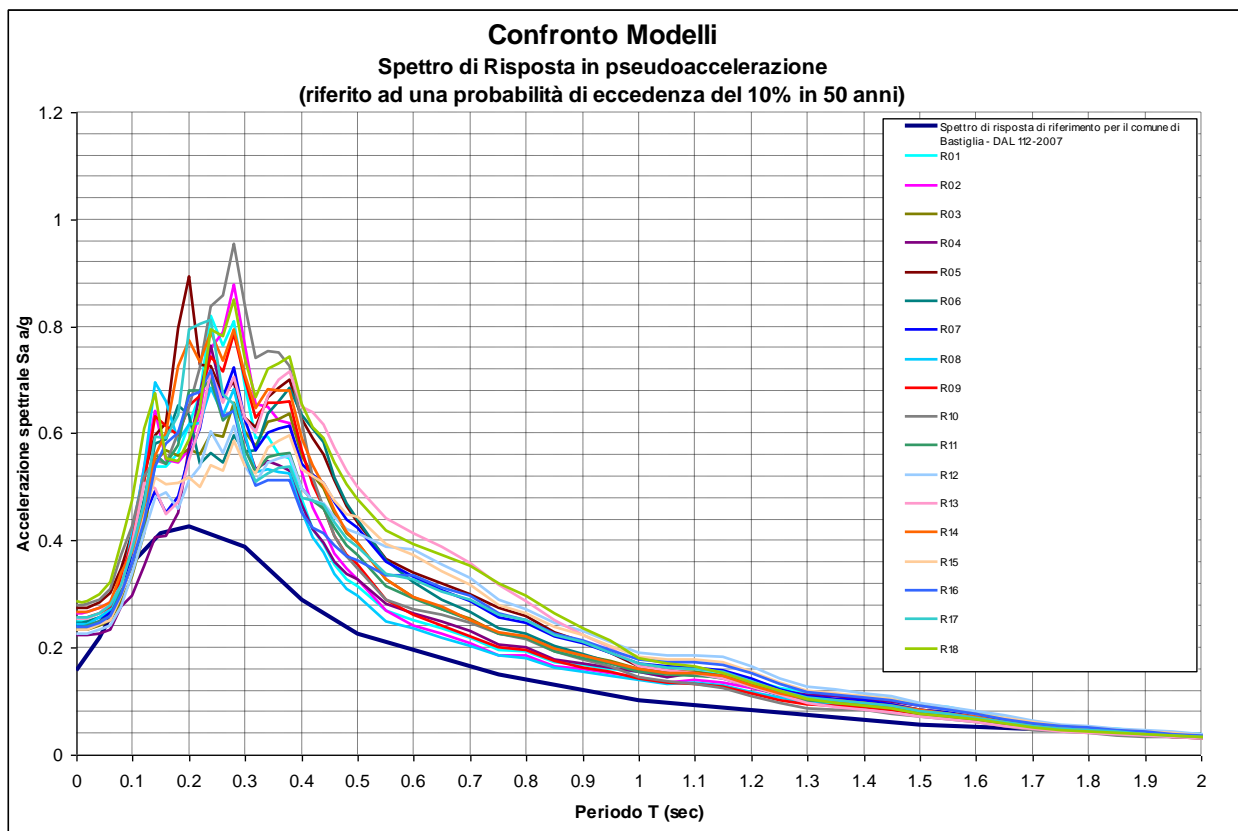
Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale di onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico). Nell'analisi è stato considerato il comportamento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

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

Shake91 (Idriss e Sun, 1992)<sup>4</sup>, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più facile utilizzo.

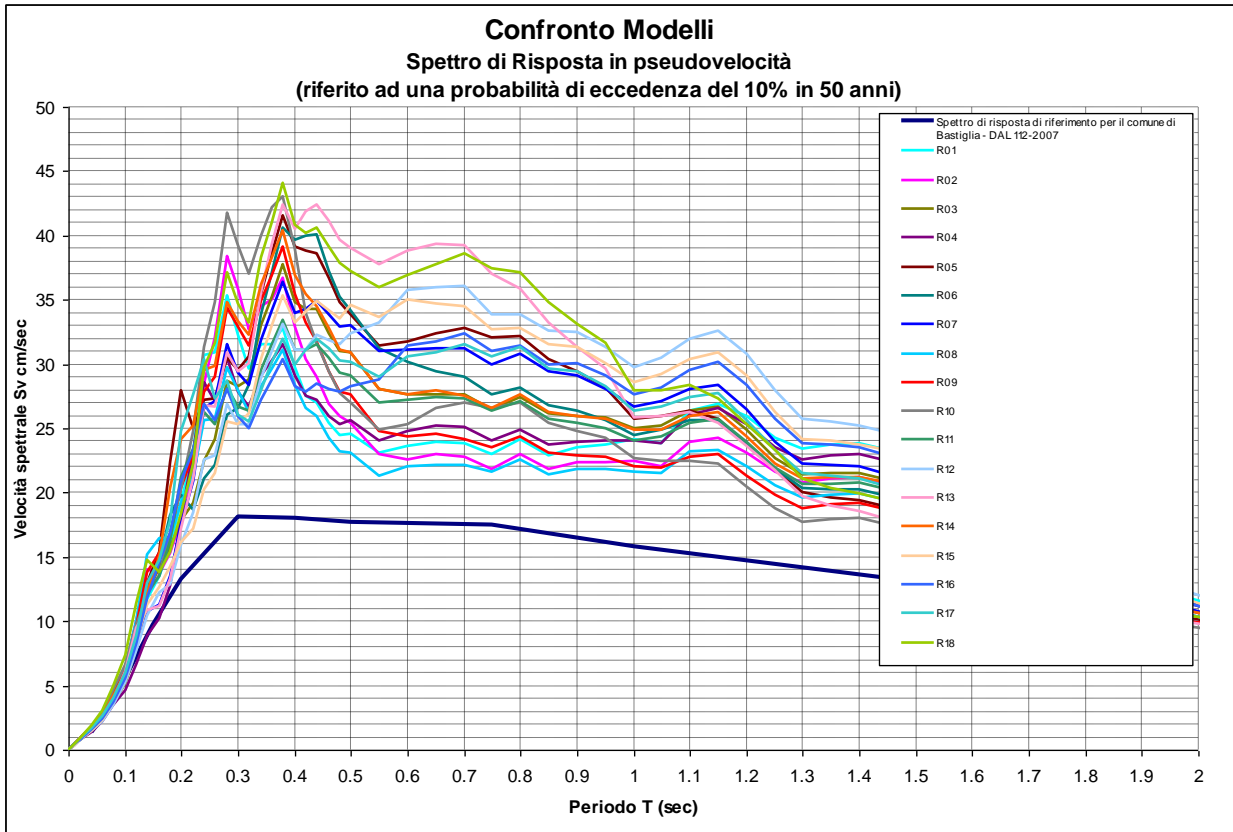
Le simulazioni sono state effettuate per tutte le indagini geofisiche con metodo Re.Mi. effettuate, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento di  $V_s = 700$  m/sec, calcolando lo spettro di risposta in superficie applicando i moti di riferimento al tetto del bedrock sismico precedentemente definito.

I risultati ottenuti sono i seguenti:



Spettri di risposta in superficie definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati ai modelli sismostratigrafici precedentemente definiti. Tutte le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,15 e 0,4 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1,2 sec.

<sup>4</sup> Idriss, M. and Sun, J.I. (1992). "SHAKE91: A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits", *User's Guide*, University of California, Davis, California, 13 pp..



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

**Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica**

La definizione dell’amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli precedentemente illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA<sub>0</sub>) che mediante la determinazione dell’intensità di Housner<sup>5</sup> (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI<sub>0</sub>, definita come:

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

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

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

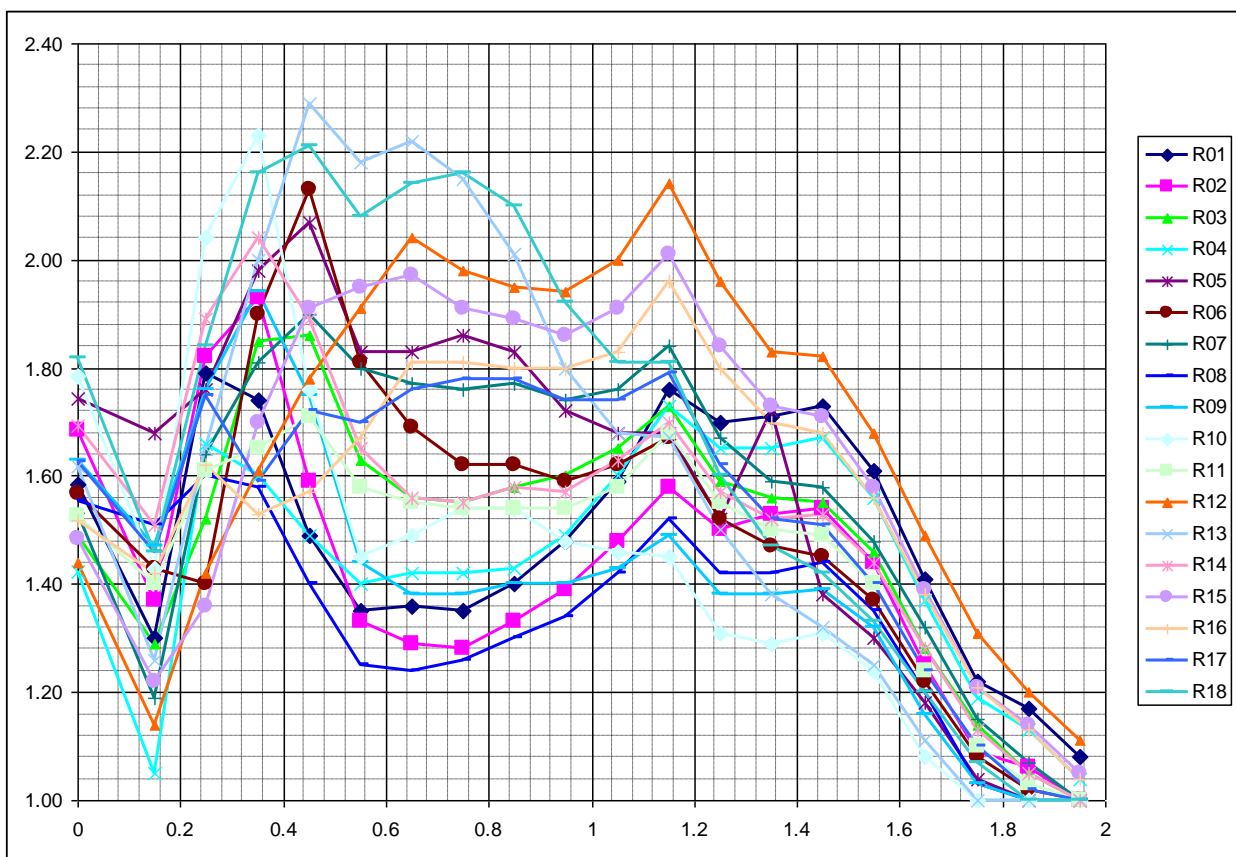
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

<sup>5</sup> Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.

Gli estremi dei periodi di integrazione sono in genere funzione dei periodi strutturali della tipologia di edifici presenti nell'area in esame. Lo studio originale condotto da Housner, definiva due campi di definizione dei fattori di amplificazione, tra  $T = 0,1$  e  $0,5$  sec).

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

In prima fase è stato definito il rapporto  $S1/S1_0$  per intervalli di periodo corrispondenti a  $0,1$  sec ottenendo i fattori di amplificazione visualizzati nel seguente grafico:



Andamento dei fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per ogni verticale sismostratigrafica per intervalli di periodo corrispondenti a  $0,1$  sec ( $0=FA$  PGA).

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

$0,1 \div 0,3$  sec;  $0,3 \div 0,5$  sec;  $0,5 \div 1,0$  sec;  $1,0 \div 1,5$  sec

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Prova	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18
Periodo																		
<b>FA PGA</b>	1.58	1.68	1.49	1.42	1.74	1.57	1.53	1.55	1.63	1.78	1.53	1.44	1.62	1.69	1.49	1.52	1.63	1.82
<b>0.1-0.3</b>	1.61	1.65	1.43	1.43	1.73	1.41	1.47	1.56	1.65	1.81	1.53	1.31	1.50	1.74	1.30	1.54	1.64	1.70
<b>0.3-0.5</b>	1.62	1.76	1.86	1.55	2.03	2.01	1.85	1.49	1.85	1.99	1.68	1.70	2.16	1.95	1.81	1.55	1.65	2.18
<b>0.5-1.0</b>	1.39	1.32	1.58	1.43	1.81	1.67	1.77	1.28	1.40	1.50	1.55	1.96	2.07	1.58	1.92	1.78	1.75	2.08
<b>1.0-1.5</b>	1.70	1.52	1.62	1.66	1.54	1.55	1.69	1.44	1.42	1.37	1.56	1.95	1.52	1.59	1.85	1.80	1.64	1.63

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 ottenuto mediante le indicazioni della DAL RER 112-2007

In ottemperanza alle direttive degli studi di microzonazione sono stati inoltre determinati i fattori di amplificazione FA ed FV secondo le metodiche contenute negli ICMS 2008 di seguito riportate:

$$FA = SA_{m,o} / SA_{m,i}$$

Fattore di amplificazione per gli effetti stratigrafici a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione)

$$FV = SV_{m,o} / SV_{m,i}$$

Fattore di amplificazione per gli effetti stratigrafici a periodo proprio (per il quale si ha il massimo di risposta in pseudovelocità)

essendo:

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0,5TA}^{1,5TA} SA(T) dT$$

$$SV_m = \frac{1}{TV} \int_{0,8TV}^{1,2TV} SV(T) dT$$

dove TA e TV (periodo di picco dello spettro in pseudoaccelerazione e pseudovelocità) valgono:

TA<sub>i</sub> e TV<sub>i</sub> per l'input

TA<sub>o</sub> e TV<sub>o</sub> per l'output

I risultati ottenuti sono riassunti nelle seguenti tabelle.

Prova	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18
<b>FA</b>	1.62	1.61	1.46	1.40	1.67	1.35	1.44	1.52	1.63	1.79	1.47	1.32	1.50	1.70	1.25	1.46	1.59	1.70
<b>FV</b>	1.8	1.89	1.95	1.66	2.14	2.10	1.91	1.61	1.99	2.19	1.74	2.0	2.32	2.07	2.16	1.79	1.76	2.27

Fattori di amplificazione FA ed FV determinati secondo le indicazioni degli ICMS 2008

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

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA<sub>0</sub>, elaborata per l'intero territorio comunale, evidenzia i valori massimi nel settore occidentale del territorio comunale dove descrive una fascia con larghezza media di 300 ÷ 350 m. estesa in direzione sud nord circa secondo i toponimi Casino - C.Lesignana - Casiglie, contraddistinta da FA.PGA= 1.7. I valori minimi corrispondenti ad FA.PGA = 1.5 caratterizzano la zona occidentale circa compresa tra v. Brennero ed il F. Secchia e similmente a quanto sopra indicato per i valori massimi, costituisce una fascia allungata sud nord nella parte centrale - centrale orientale circa dal Cavo Torricella - Cavo Argine sino a Caseificio Orsi - Tenimento e che prosegue comprendendo il capoluogo e la zona ad est dello stesso, sino a Case Bertani e da questi ultimi al confine settentrionale del comune; fa eccezione l'area produttiva con diametro di 300 m ad est di C.na Tossetti.

I settori di territorio della striscia al bordo orientale dell'area comunale e la fascia sud nord nel settore occidentale interclusa tra i sopra descritti massimi e minimi di FA.PGA, sono caratterizzate da valori intermedi corrispondenti ad FA.PGA= 1.6.

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

I valori di FA.IS nell'intervallo 0.1<T<0.3 sec evidenziano una distribuzione areale molto simile a quella dell'FA.PGA, e descrivono una fascia di valori massimi con FA.IS=1,5 - 1,7 allungata in senso sud nord circa da Casino - Pss.ne Torriggiana a C.Pollastri - Casino; una zona con analoghi valori forma la striscia orientale centro settentrionale dell'area comunale ad ovest di Strada S.Clemente sino a Orto - Rangona. Il settore centrale - centro orientale Strada S.Clemente e Cn.le Naviglio e la fascia occidentale



“ovest di via Branero”, sono caratterizzati da valori moderatamente inferiori corrispondenti ad FA.IS=1,4 - 1,5; fanno eccezione due zone di minimo una delle quali tra C.Rangoni e C.Sassi nella parte occidentale centrale ed una seconda nell'area sud est tra Balugola e i Cavi Torricella ed Argine, dove FA.IS= 1,3 - 1,4.

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

I settori di territorio con i valori relativi più elevati FA.IS= 2 - 2.2 contraddistinguono la zona meridionale centrale tra C. Baraldi e C. Valle, l'area dello spigolo sud occidentale tra Lesignana - Il Cantone e Colombaro, il settore centro occidentale tra C. Raisini - Casiglie e l'Asilo, lo spigolo nord ovest tra il F. Secchia e la strada per Casino Cavazzuti. I valori di minimo con FA.IS= 1.5 - 1.6 descrivono una fascia estesa sud ovest - nord est tra la Speranza, intersezione strada Bastiglia - Cavo Argine, Naviglio e la zona con diametro di 300 ÷ 350 m ad est di C.na Tossetti. Le aree intercluse tra detti massimi e minimi, delineano una fascia arcuata tra S. Antonio - C.Lesignana - Casino/Tenimento/Madonna - La Speranza/C. Sassi - Madonna, Orto; una fascia simile è presente a nord ovest del capoluogo, in prossimità di C.no Tossetti, detti settori sono caratterizzati da FA.IS= 1.6 - 1.8. La zona a cui appartiene il capoluogo presenta FA.IS= 1.8 - 2.0; analoghi valori si riscontrano a SW tra Lesignana - Colombaro - La Cascina e tra Casino - Caseificio Orsi - Cavo Argine - Cavo Torricella a SE.

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

I valori di FA.IS più elevati presentano distribuzioni areali simili a quelli dell'intervallo 0.3<T<0.5 sec nella zona meridionale centrale: C. Baraldi - Evangelista - Casino e nello spigolo sud ovest tra Lesignana ed il Cantone, dove FA.IS.= 2 - 2.1; analoga similitudine si riscontra per la zona con FA.IS.= 1.8 - 2 che forma una fascia ondulata, come nella tavola prima descritta, estesa dal F. Secchia a C. Rangoni, C. Lesignana, La Cascina, Balugola, Valle. Si differenziano rispetto alla precedente tavola (FA.IS. 0.3 - 0.5) la zona ovest e sud ovest del capoluogo dove si riscontrano valori medio minimi: FA.IS.= 1.4 - 1.6; il centro storico e le aree a sud dello stesso presentano valori intermedi di FA.IS.= 1.6 - 1.8 similmente agli andamenti di FA.IS. 0.3 - 0.5; denota corrispondenza nei valori minimi la fascia orientale centro settentrionale con FA.IS.= 1.3 - 1.4.

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

I valori di FA.IS più elevati si riscontrano in una fascia allungata in senso sud nord nel settore sud orientale del territorio comunale circa tra Tenimento/Ricci - Balugola - C.Bertolani con valori di FA.IS. = 1,8 - 2. Analoghi valori si riscontrano anche nel settore centro occidentale, nell'intorno di C.Rangoni. I valori minimi di FA.IS. si rilevano nel settore orientale a ridosso del Cavo Argine tra Caseificio Orsi e Loghetto e nel settore occidentale del capoluogo nell'intorno di Casiglie. In detti settori di territorio si rilevano valori di FA.IS. = 1,4 - 1,5. Nella fascia centro orientale del capoluogo si riscontrano valori intermedi con FA.IS. = 1,6 - 1,7. Analoghi valori si riscontrano anche nella porzione centro meridionale del comune tra Lesignana ed il Cavo Naviglio. La parte sud occidentale (ovest di Lesignana) e quella nord orientale tra Orto e Rangona presentano FA.IS. = 1,5 - 1,6.

***Carta dei fattori di amplificazione di FA ICMS 2008***

I valori del fattore di amplificazione determinato all'intorno del periodo in cui si ha il massimo della risposta in pseudoaccelerazione presentano i massimi in due fasce allungate in senso sud nord, la prima delle quali si estende tra C.Baraldi - C.Raisino - Casiglie - C.Pollastri con valori mediamente corrispondenti ad FA = 1,5 - 1,8, con un massimo corrispondente ad FA = 1,8 - 1,9 in corrispondenza di Casiglio. Analoghi valori del fattore di amplificazione FA si riscontrano nelle parte orientale del territorio comunale tra Casificio Orsi - Laghetto - Orto - Rangona. Nella fascia centrale del comune tra il Capoluogo e Balugola ed in quella occidentale tra Lesignana e S.Antonio sono presenti valori corrispondenti ad FA = 1,3 - 1,5. I valori minimi del fattore di amplificazione FA sono presente nell'estremità sud orientale del territorio comunale, nell'intorno di C.Bertolani in cui FA = 1,1 - 1,3.

***Carta dei fattori di amplificazione di FV ICMS 2008***

I valori del fattore di amplificazione determinato all'intorno del periodo in cui si ha il massimo della risposta in pseudovelocità presentano un andamento tendenzialmente decrescente proseguendo da sud - sud ovest a nord est, con i massimi presenti in due fasce rispettivamente ad est di Lesignana ed a sud di C.Baraldi von valori di FV = 2,2 - 2,4. I minimi sono presenti nel settore centro orientale tra La Speranza e Rangona, nella

zona settentrionale nell'intorno di C.naTossetti ed Isola ed in quello centro meridionale a sud est di Lesignana in cui  $FV = 1,6 - 1,8$ . Le rimanenti porzioni del territorio comunale presentano generalmente valori corrispondenti a circa  $FV = 1,8 - 2,0$ , ad eccezione di una fascia a sud ovest del Capoluogo nell'intorno di Casiglio, dei settori tra Lesignana e Colombaro e tra Casino e Balugola in cui  $FV = 2,0 - 2,2$ .

*STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO*

*Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI*

**Nota esplicativa della codifica dei dati utilizzati nelle elaborazioni cartografiche**

Per le codifiche numeriche utilizzate si è fatto riferimento quelle delle classi esposte nello Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica, versione 1.5 del 5/11/2011, della Commissione tecnica per il monitoraggio degli Studi di Microzonazione Sismica.

L'estensione dei codici si è ritenuta opportuna e necessaria per non eliminare le informazioni contenute nella carta geologica R.E.R, che non trovano collocazione nelle classi previste dai sopracitati standard.

Nelle codifiche sono sempre state mantenute le prime 2 che identificano il campo, le seconde 2 cifre sono in estensione a quelle già presenti nel medesimo campo.

I codici aggiunti e la decodifica sono di seguito elencati.

Codici:

- Codici 3028/29: identificano le frane quiescenti per espansione laterale e di scivolamento in blocco presenti nelle cartografie RER.
- Codice 3065 :identifica le zone ad elevata fratturazione correlate a presenza di faglia , definite in funzione dei valori dei fattori di amplificazione evidenziati dalle verticali di prospezione geofisica effettuati.
- Codici 5025/26/35/36/38: corrispondono, alle linee di sovrascorrimento, di faglia e loro grado di certezza e definizione, presenti nelle cartografie RER.
- Codici 1055/56/57: utilizzati per distinguere il substrato che soggiace ai depositi di tipo rigido ( $V_s > 800$  m/sec) che ad equivalenza degli spessori delle coperture, determina fattori di amplificazione diversi rispetto ai substrati con rocce meno rigide ( $V_s < 800$  m/sec).
- Codice 4040: riferito alla forma: calanchi, presente nelle cartografie RER, non presente negli standard.
- Codice 5061: identifica le creste arrotondate come definito negli ICMS.

**ZONE DI PIANURA**

- Codici 5091/92: individuano gli elementi lineari che corrispondono agli spartiacque idrogeologici e assi di drenaggio idrico sotterranei.

- Codici: 7010/20/30/40/50/60: definiscono linee di isovalori dei vari parametri elaborati: topografia, frequenze, isopieze, soggiacenza, profondità del tetto di orizzonti significativi, velocità della onde di taglio; vedasi elenco di seguito esposto:

Shape	Codici aggiunti	Decodifica
STAB	1055	Deposito di versante su roccia con $V_s > 800$
	1056	Deposito eluvio-colluviale roccia con $V_s > 800$
	1057	Deposito eolico su roccia con $V_s > 800$
INSTAB	3028	Deposito di frana quiescente per espansione laterale
	3029	Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DPGV
	3065	Zone cataclastiche
	3090	Rischio idrogeologico
FORME	4040	Calanchi
ELINEARI	5025	Sovrascorrimento certo
	5026	Sovrascorrimento incerto
	5035	Faglia certa
	5036	Faglia incerta
	5038	Faglia sepolta
	5061	Cresta arrotondata
	5091	Isopieze - spartiacque
	5092	Isopieze - drenaggio
EPUNTUALI	6030	Pozzi censiti per le rilevazioni dei livelli della falda sotterranea
ISOSUB	7010	Curve di livello
	7020	Frequenze naturali dei terreni

7030	Isopeize
7040	Primo contrasto
7050	Soggiacenza
7060	Tetto AES6
7070	Velocità onde di taglio S (Vs)

**BIBLIOGRAFIA**

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 202 SAN GIOVANNI IN PERSICETO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia - Romagna SGSS, a cura di F.C. MOLINARI, M.PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 201 MODENA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia - Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, M. PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 220 CASALECCHIO DI RENO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia - Romagna SGSS, a cura di L.MARTELLI, A.BERNINI, M.T.De NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 219 SASSUOLO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia - Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, F.PANINI, G.BETTELLI, M.PIZZOLO.
- DGR1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1051/18/07/2011, "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm". Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n. 120 del 02/08/2011.  
<http://demetra-regione-emilia-romagna-it/> o <http://www.regione-emilia-romagna-it/geologia/>
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDM111, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi-ingv.it/DBM111>
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.  
[http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)
- DAL 111/2007. Deliberazione dell'assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 2/5/2007: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n.64 del 17/05/2007. <http://demetra-regione-emilia-romagna-it/> o <http://www.regioneemilia-romagna-it/geologia/>
- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. - MARTELLI L. - AA.VV. (2004) - Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze
- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.
- L.MARTELLI, A.MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre
- MOLINARI F.C. - BOLDRINI G. et ALII (2007) - Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano, pp. 8-20 in "Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia"; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo ne' Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) - Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- AA.VV. (1970-1980) - Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Bastiglia MO. Documenti inediti.
- M. PANIZZA ET ALII (1978). Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova; Servizio Geologico d'Italia, vol. XCVII, C.N.R.
- G.P. MAZZETTI- NASSER A.Z. - GILLI S. (2003) - Enza the alluvial cone model through geoelectric prospecting, Atti 4<sup>th</sup> European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni - BO.
- DI DIO G. et ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. - POZZI P. (1993) - Studio di compatibilità ambientale fisica per la locazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali - Discarica Intercomunale di Novellara (RE) - Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) - studio geologico ambientale di media pianura Comprensorio 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. MO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) - 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
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padano Veneta. -Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. Riv geografia It, 56 (2)