

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Rubiera



Regione	Soggetto realizzatore	Data
	Dott. geol. Stefano Castagnetti	MAGGIO 2013

hanno collaborato:

- **Responsabile**

dott. ing. ETTORE BUCCHERI

- **Soggetto realizzatore**

dott. geol. STEFANO CASTAGNETTI

- **Collaboratori**

dott. geol. MARCO BALDI

dott. geol. FABIO PICINOTTI

- **Supporto nella compilazione schede CLE**

dott. ing. Sabrina Bocedi

Si ringrazia il dott. Valeriano Franchi e il dott. Alessandro Ghinoi per la preziosa collaborazione nella gestione della documentazione di archivio

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
3.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	7
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	11
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	12
6.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	16
7.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	17
8.	ELABORATI CARTOGRAFICI	19
9.	CONFRONTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI ...	36
10.	BIBLIOGRAFIA	37
11.	ALLEGATI	38

1. INTRODUZIONE

Su incarico del Comune di Rubiera¹ (Provincia di Reggio Emilia) è stato eseguito uno studio di analisi del rischio sismico, finalizzato alla MICROZONAZIONE SISMICA del territorio comunale – secondo livello di approfondimento.

Lo studio è stato realizzato nel rispetto delle seguenti disposizioni normative:

- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”* approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri 29 febbraio 2012, n° 4007 *“Attuazione dell'art. 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n° 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n° 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011”*;
- D.G.R. 10 settembre 2012, n° 1302: *“Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali”* e relativi allegati tecnici e successiva D.G.R. n° 1514/2012.

Inoltre per gli aspetti tecnici si è fatto riferimento al documento *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”* (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni².

Il lavoro è stato condotto in stretto raccordo con il Dirigente dell'Area dei Servizi al Territorio e Sviluppo Economico del Comune di Rubiera e con gli urbanisti e gli altri specialisti del Centro Cooperativo di Progettazione di Reggio Emilia e di Tecnicoop di Bologna, Società incaricate di redigere il nuovo Piano Strutturale Comunale.

L'analisi di carattere generale è stata sviluppata ed estesa all'intero territorio comunale, mentre le indagini sono state limitate ai principali centri abitati (Rubiera Capoluogo, S. Faustino e Fontana) e al corridoio infrastrutturale, che si sviluppa nel settore meridionale del territorio, in cui è prevista la realizzazione della nuova Tangenziale di Rubiera, con interessamento dei Comuni limitrofi di Casalgrande e Reggio Emilia.

Il Documento Preliminare non era ancora stato completato al momento della realizzazione

¹ Determina Dirigenziale n° 712 del 10/11/2012

² 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)

dello studio di Microzonazione Sismica; tuttavia, dal momento che le scelte amministrative e urbanistiche sono orientate al recupero e trasformazione di aree già urbanizzate, limitando al minimo il consumo di suolo, il presente studio contiene tutti gli elementi necessari per completare il Quadro Conoscitivo e supportare le scelte negli ambiti di trasformazione previsti dal redigendo strumento di pianificazione urbanistica.

Gli obiettivi del lavoro sono stati i seguenti:

- a) Analisi delle condizioni di pericolosità del territorio comunale e perimetrazione delle aree in cui effettuare la Microzonazione Sismica;
- b) determinazione delle frequenze naturali dei terreni, ai fini della individuazione di fenomeni di risonanza significativi;
- c) suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica;
- d) conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal primo livello di approfondimento, in cui si ritengono eventualmente necessari approfondimenti di terzo livello, con indicazione delle indagini e delle analisi da effettuare.

Tutte le attività sono state svolte nel rispetto delle specifiche di cui agli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica (OPCM 3907/2010, art. 5, comma 7), versione 2.0beta del maggio 2012.

A corredo dello studio di MS è stata condotta l'analisi della Condizione Limite dell'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano, nel rispetto degli standard di rappresentazione e archiviazione informatici, di cui al Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile 27.4.2012, n° 1755.

Gli elementi censiti sono stati acquisiti dal Piano Comunale di Protezione Civile del Comune di Rubiera, redatto nel 2012 dallo scrivente professionista e approvato con Delibera di Giunta Comunale n°104 del 10.07.2012.

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

La fascia di territorio in cui ricade il Comune di Rubiera si inserisce in un vasto contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica di tipo compressivo, conseguenza della convergenza tra la placca africana che si muove verso nord-est e la placca euro-asiatica.

Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9" (Fig. 1), che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

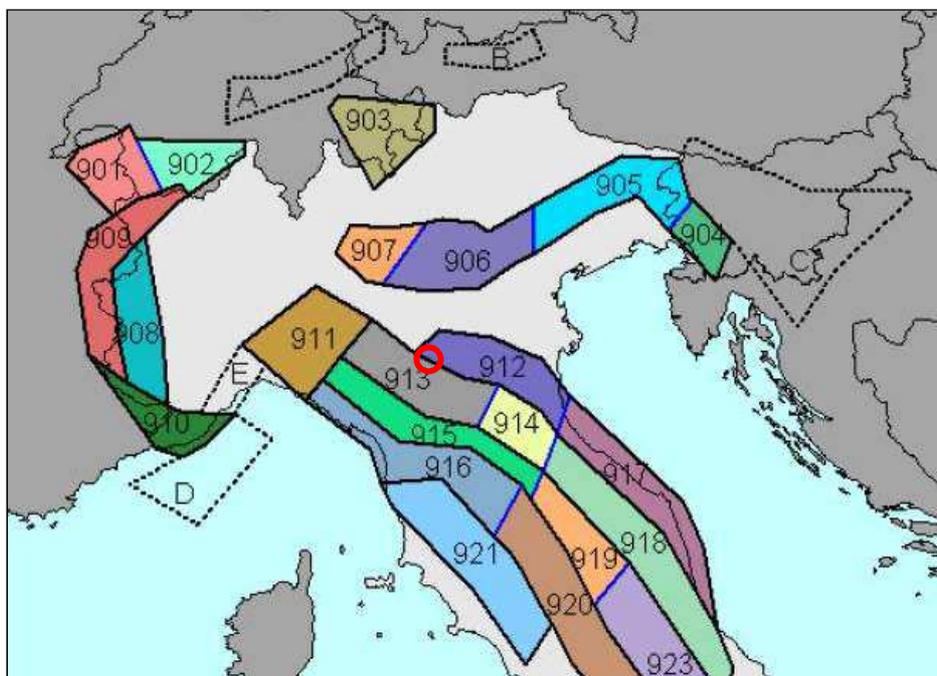


Fig. 1 – Zonazione sismogenetica ZS9. Da: "Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo, aprile 2004" – INGV. Il cerchio rosso individua approssimativamente il territorio del Comune di Rubiera

Il territorio del Comune di Rubiera ricade sul confine tra la zona sismogenetica "912" denominata "Dorsale Ferrarese" e la zona sismogenetica "913" denominata "Appennino Emiliano".

La zona sismogenetica "913" è caratterizzata da movimenti prevalentemente compressivi in direzione NW e da meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che interrompono la continuità longitudinale delle strutture attive.

La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona avvengono a profondità in genere comprese tra 12 e 20 km.

La zona 912 rappresenta la porzione più esterna, sepolta dai sedimenti alluvionali, della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, ed è caratterizzata da terremoti che avvengono in genere a profondità comprese tra 5 e 8 km. Sulla base dei meccanismi focali, i valori di magnitudo massima previsti sono pari a $M_{wmax} = 6,14$ per la ZS912 e $M_{wmax} = 5,91$ per la ZS913.

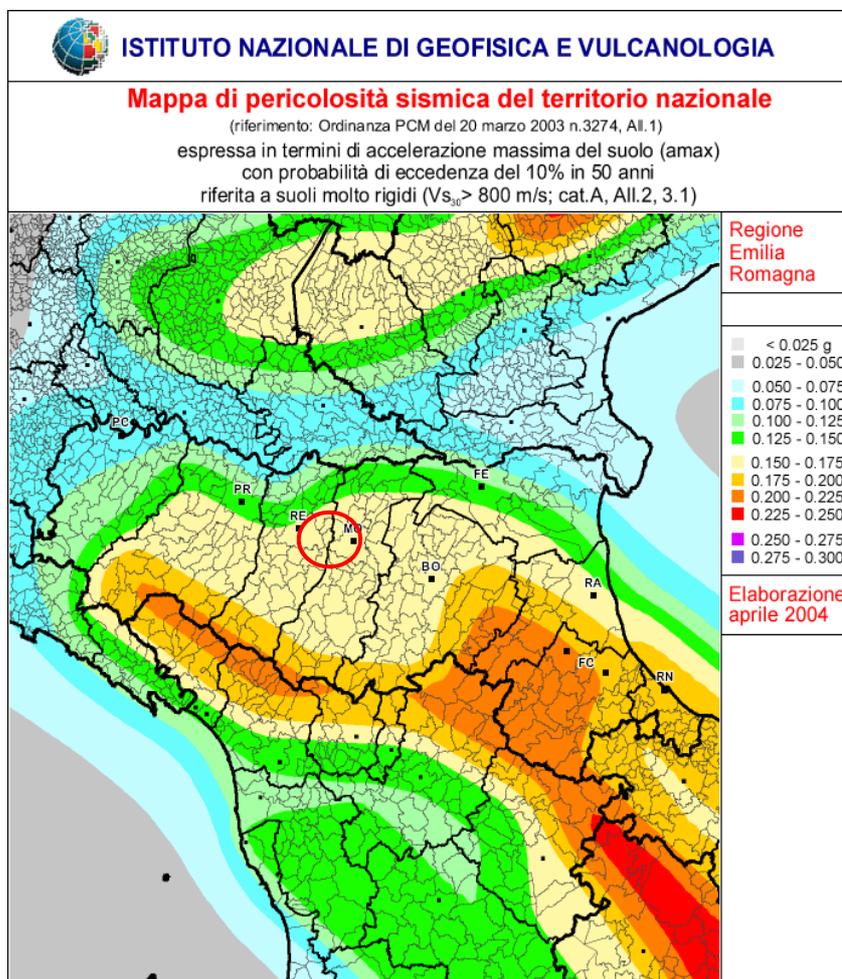


Fig. 2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV). Dettaglio per la Regione Emilia-Romagna. L'ubicazione del Comune di Rubiera è evidenziata dal cerchio rosso

Dall'analisi della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'INGV nel 2004 (Fig. 2) si può osservare che il territorio del Comune di Rubiera si colloca in un areale, in cui si possono registrare valori di accelerazione massima del suolo pari a $0.150 \div 0.175$ g, con un tempo di ritorno (T_r) pari a circa 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Pertanto l'areale in cui ricade Rubiera presenta una sismicità propria di livello medio-basso, connessa all'attività del margine appenninico reggiano ed inoltre risente di terremoti prodotti da zone sismogenetiche relativamente distanti quali la "Dorsale ferrarese", il margine appenninico parmense e modenese, il Lago di Garda e la Garfagnana.

Tale situazione è confermata dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti (PTI11) e relativo database macrosismico (DBMI11). L'estrazione eseguita con riferimento alla

vicina città di Reggio Emilia tra l'anno 1000 e il 2006 (Tab. 1 e Fig. 3) ha restituito numerosi eventi, che hanno prodotto un significativo risentimento sulle strutture antropiche.

Is	data	epicentro	Io	Mw
8	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	7	5.14 ±0.34
7	1671 06 20 10:00	Modena-Reggio Emilia	7	5.25 ±0.72
7	1831 09 11 18:15	Reggiano	7-8	5.54 ±0.32
7	1832 03 13 03:30	Reggiano	7-8	5.53 ±0.18
6-7	1988 03 15 12:03:18	Reggiano	6	4.66 ±0.12
6-7	1465 04 07 15:30	Pianura Padana	5-6	4.51 ±0.34
6-7	1608 01 06 22:20	Reggio Emilia	5-6	4.51 ±0.34
6-7	1806 02 12	NOVELLARA	7	5.19 ±0.39
6-7	1811 07 15 22:44	SASSUOLO	6-7	5.25 ±0.40
6-7	1857 02 01	PARMENSE	6-7	5.09 ±0.25
6-7	1873 05 16 19:35	REGGIANO	6-7	5.09 ±0.59
6-7	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	6	5.02 ±0.22
6-7	1971 07 15 01:33:23	Parmense	8	5.64 ±0.09
5-6	1222 12 25 12:30	Basso Bresciano	7-8	5.84 ±0.56
6	1501 06 05 10:00	Appennino modenese	9	5.98 ±0.32
6	1505 01 03 02:00	Bolognese	8	5.57 ±0.25
6	1591 05 24	REGGIO EMILIA	6	4.72 ±0.34
6	1810 12 25 00:45	NOVELLARA	6	5.29 ±0.22
6	1831 07 14 15:30	Reggiano	5-6	4.69 ±0.44
6	1918 05 06 08:05	Reggiano	5-6	4.52 ±0.69
6	1983 11 09 16:29:52	Parmense	6-7	5.06 ±0.09
6	1987 05 02 20:43:53	Reggiano	6	4.74 ±0.09
6	1996 10 15 09:56:02	Correggio	7	5.41 ±0.09
5-6	1547 03 24	Reggio Emilia		
5-6	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	7	5.76 ±0.09
5-6	1967 04 03 16:36:18	Reggiano	5-6	4.69 ±0.19
5-6	2000 06 18 07:42:08	Parmense	5-6	4.43 ±0.09

Tab. 1 – Storia sismica di Reggio Emilia tra il 1000 e il 2006.

(M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11> - parzialmente modificato)

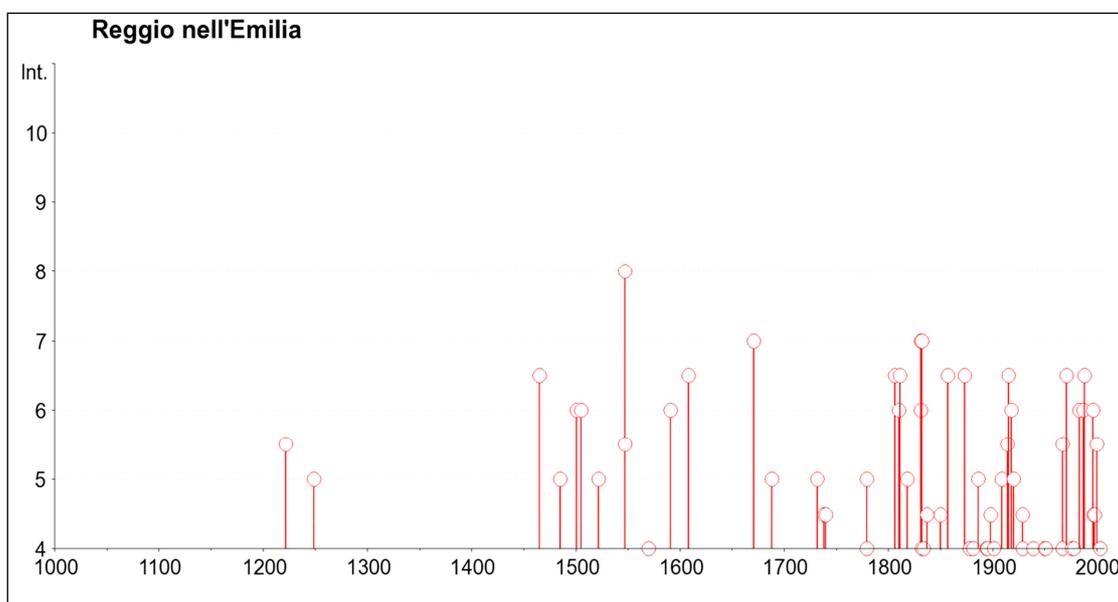


Fig. 3 - Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Reggio Emilia tra il 1000 e il 2006 di cui alla Tab. 1. (M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>)

Per quanto concerne il profilo normativo, a seguito dell'OPCM 3274/2003, che ha stabilito che tutti i comuni del territorio nazionale sono classificati sismici con diverso grado di sismicità, il

Comune di Rubiera è stato classificato in 3^a zona sismica³. Tale classificazione corrisponde ad un livello di sismicità medio-basso.

La classificazione di cui sopra è riprodotta in Fig. 4 in cui i comuni classificati sismici in zona 2 sono rappresentati con il colore arancione in caso di nuova classificazione oppure azzurro, qualora sia stata confermata la precedente classificazione; i comuni classificati sismici in zona 3 sono rappresentati con il colore giallo ed infine i comuni sismici in zona 4 con il bianco.

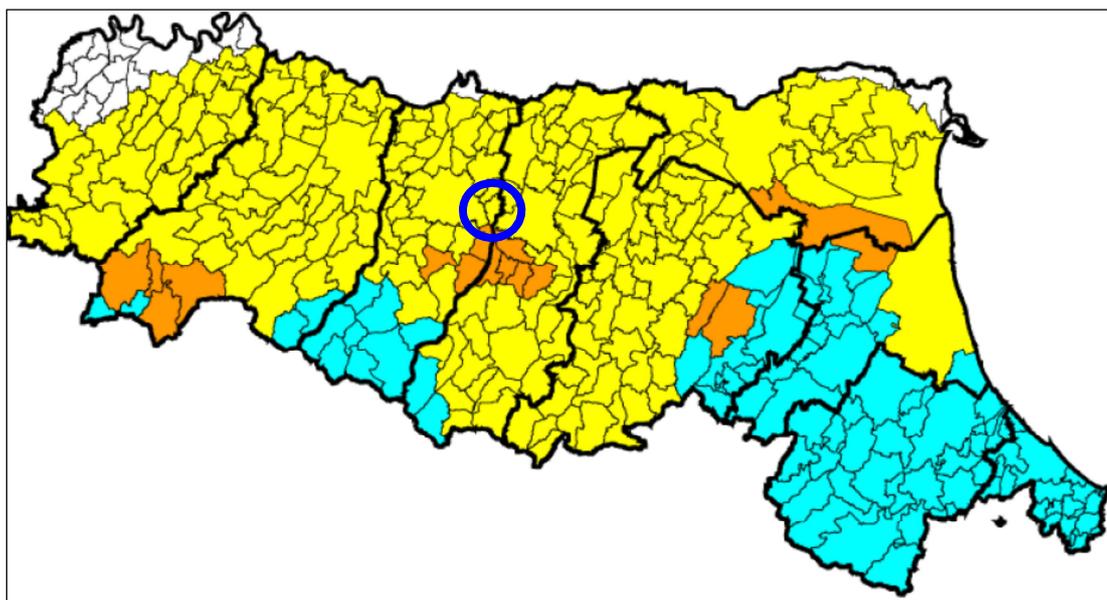


Fig. 4 – Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna a seguito dell'OPCM n° 3274/2003. Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Il cerchio blu individua il territorio del Comune di Rubiera.

³ L'OPCM 3274/2003 suddivide i Comuni in 4 "ZONE" sismiche, di cui la zona 1 corrisponde al livello di rischio più elevato, mentre la zona 4 corrisponde al livello di rischio più basso. In precedenza i comuni sismici erano suddivisi in 3 "CATEGORIE" distinte con il medesimo criterio.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

La pianura emiliano-romagnola è il risultato del riempimento del Bacino Perisuturale Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini, avvenuto attraverso un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (Pieri & Groppi, 1982).

Il riempimento del bacino è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Tale riempimento non è avvenuto in maniera progressiva e continua, ma è il risultato di eventi tettonico-sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

L'interpretazione dei profili sismici eseguiti nel corso degli anni dall'AGIP (Di Dio, 1997) ha permesso di riconoscere due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, connessa al paleodelta del Po; la seconda, trasversale, nord-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Sulla base dei moderni concetti di stratigrafia sequenziale, ossia del metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali, nell'ambito dei depositi quaternari del margine appenninico padano e dell'antistante pianura sono state riconosciute due sequenze principali (Fig. 5), in risposta ad altrettanti eventi tettonici di sollevamento regionale, così denominate:

- **SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO** (affiorante nella fascia collinare)
- **SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO**

L'organizzazione verticale delle facies di questi sistemi deposizionali è costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana, indotta dalle disattivazioni e dalle successive riattivazioni dei sistemi deposizionali.

All'interno delle sequenze deposizionali principali (Supersintemi) sono state distinte sequenze di rango inferiore, denominate Sintemi, delimitate da superfici di discontinuità indotte da eventi tettonici minori a carattere locale e/o da oscillazioni climatico-eustatiche; a loro volta i Sintemi vengono suddivisi in unità minori (Subsintemi e Unità).

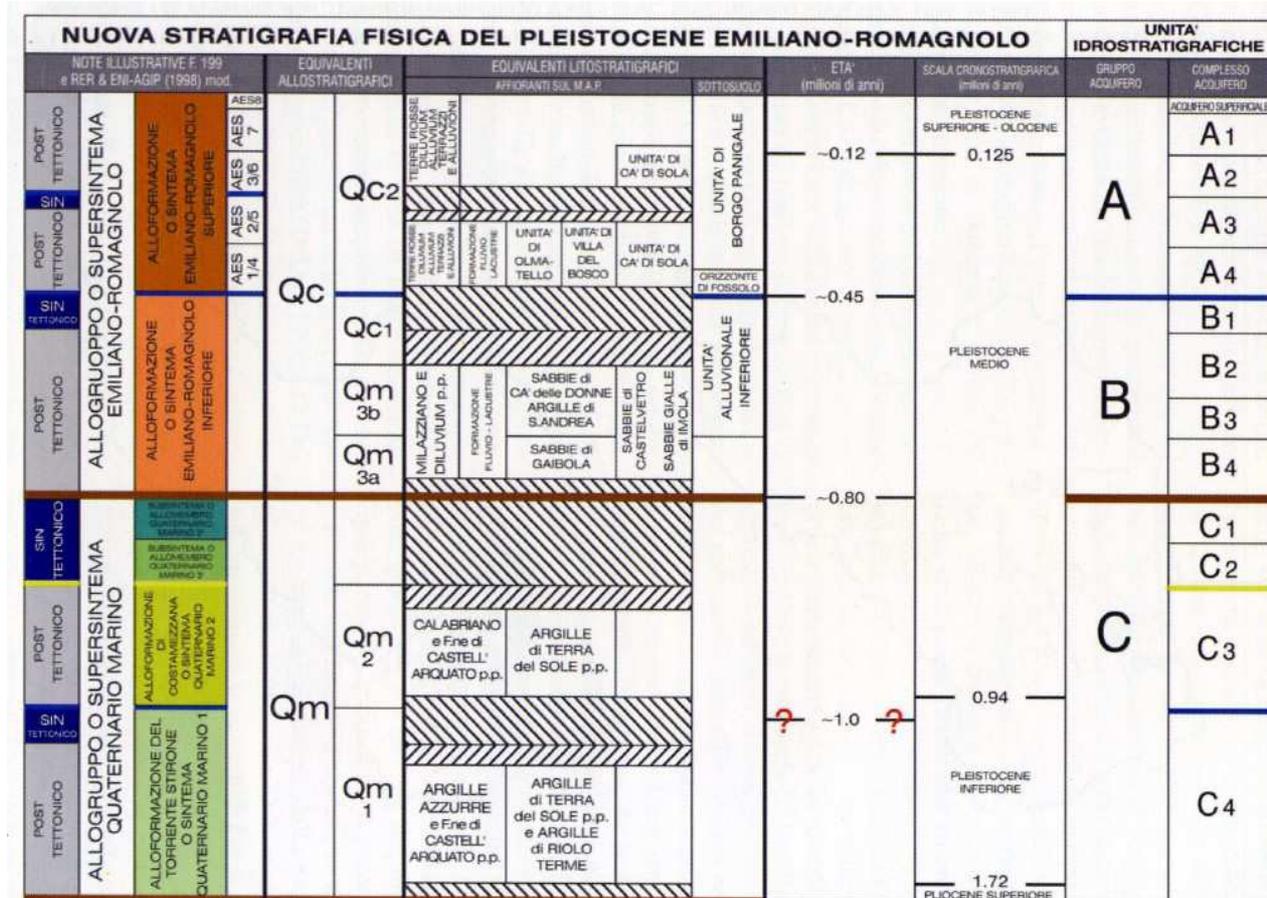


Fig. 5 - Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. (G. Di Dio, 2001)

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo, è composto da due unità principali: una unità inferiore, denomiina “*Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore*” ed un’unità superiore detta “*Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore*”, separate da una superficie di discontinuità stratigrafica, individuata in affioramento e seguita nel sottosuolo tramite l’interpretazione dei profili sismici.

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo giace in discordanza sul Supersistema Quaternario Marino, di età Pliocene superiore (?) - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni parali e marini, che si sono depositi al di sopra di una estesa superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale.

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova “*Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG*”, i depositi affioranti nell’areale in studio sono costituiti da sedimenti alluvionali della conoidi del F. Secchia e del T. Tresinaro appartenenti all’unità stratigrafica del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare il settore meridionale, su cui sorge il Capoluogo, e quello nord-orientale del territorio comunale, ricadono su terreni attribuiti all’Unità di Modena del Subsistema di Ravenna

(*Post-VI secolo d.C.*), mentre il settore nord-occidentale è caratterizzato da depositi più antichi attribuiti al Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Litologicamente i depositi affioranti sono costituiti da alternanze di limi argillosi, sabbie e ghiaie, connesse alla sedimentazione fluviale operata nel corso dell'Olocene: l'Unità Modena si differenzia dagli altri depositi per la presenza di un suolo di ridotto spessore (inferiore a 100 cm), caratterizzato da un grado di alterazione molto basso, data l'età più recente di deposizione.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per trascinamento avvenuta in zone distali dall'alveo attivo (piana alluvionale).

Sotto il profilo geomorfologico il territorio comunale, situato a quote comprese tra 38 e 59 m s.l.m., mostra una modesta pendenza verso il quadrante nord-orientale, con valori variabili da 0.15% nella zona meridionale a 0.05% in quella settentrionale.

Il settore settentrionale del territorio comunale è attraversato in senso trasversale da un corridoio infrastrutturale, in cui si sviluppano parallelamente i tracciati dell'Autostrada del Sole e della linea ferroviaria ad alta velocità (TAV).

Il limite orientale del territorio comunale è individuato dall'alveo del F. Secchia, in cui confluisce il T. Tresinaro a sud-est del Capoluogo.

L'attuale confluenza è dovuta ad un intervento di deviazione antropica risalente al XII secolo, mentre originariamente il tracciato proseguiva verso nord, passando tra Correggio e Carpi.

La principale opera di difesa idraulica è rappresentata dalla cassa di espansione realizzata a valle dell'abitato di Rubiera in sx idraulica. Tale opera, circondata da un imponente sistema arginale, ha attualmente una capacità di invaso di circa 18 milioni di m³, ma è stato progettato un ampliamento per consentire la laminazione di una piena con tempo di ritorno di progetto pari a 200 anni.

L'idrografia locale è rappresentata, procedendo da est verso ovest, nel settore a monte della linea ferroviaria MI-BO: il *condotto Contea* (settore in dx Tresinaro), il *Canale Rubiera – Macina di Carpi*, il *Canale S. Maurizio* e i *Canali Tassarola 2° e 3°*.

A valle del Capoluogo, sempre procedendo da est verso ovest, sono presenti: il *Canale Rubiera*, il *Canale Erba*, la *Fossetta S. Faustino*, il *Cavo Tassarola* e il *Canale Calvetto*.

A nord del corridoio infrastrutturale Autostrada del Sole - Linea TAV si individuano la *Fossa Viareggio*, il *Cavo Lama*, la *Fossa Erbe*, la *Fossa Marza* e la *Fossetta Erbosa*.

La maggior parte dei canali si sviluppa con andamento circa SSW-NNE, con l'eccezione dei Canali S. Maurizio e Calvetro che presentano un tracciato ortogonale con direzione circa WNW-ESE.

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici il territorio insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, corrispondente al Sintema Emiliano-Romagnolo Sup., il cui livello basale si colloca a profondità variabili da circa -200 m nella zona meridionale, sino a -250 m nel settore settentrionale.

La minima soggiacenza dell'acquifero A0 è pari a circa -1.00 m dal p.c., come desunto dai livelli di falda misurati nel corso di indagini geognostiche pregresse.

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di esaminare numerose relazioni geologiche, prodotte a corredo di progetti edilizi e di opere pubbliche e di acquisire copia delle indagini geognostiche e di laboratorio eseguite.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS.

A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (shapefile) nel rispetto delle indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, di cui all'OPCM 4007/2012 e al Decreto del 16.03.2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile.

Tali indagini, unitamente a quelle contenute nella banca dati geognostica della Regione Emilia-Romagna, hanno permesso di ricostruire il modello geologico delle aree interessate dallo studio di microzonazione sismica.

Inoltre ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine.

In considerazione del fatto che per le aree oggetto di studio è emersa la disponibilità di un elevato numero di prove pregresse, che hanno consentito di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo sino alla profondità di interesse, ai fini del presente studio si è ritenuta sufficiente l'esecuzione di nuove indagini geofisiche finalizzate alla definizione dei profili di Vs e alla misura delle frequenze naturali dei terreni, ritenendo viceversa superflua l'esecuzione di prove geotecniche in sito.

Più in particolare sono state eseguite n° 45 indagini di sismica passiva mediante misure di ascolto delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSR a stazione singola e n° 5 indagini geofisiche tipo MASW (Multichannel Spectral Analysis of Waves).

Le misure HVSR a stazione singola sono state eseguite impiegando un tromografo digitale portatile modello Micromed Tromino® di proprietà dello scrivente soggetto attuatore.

Viceversa le prove MASW sono state commissionate alla società TECNOGEOFISICA S.n.c. con sede a Carpi (MO).

Le risultanze delle misure HVSR sono state riportate nell'Allegato n° 1, mentre le metodologie di esecuzione e le risultanze delle prove MASW sono state riportate nell'Allegato n° 2.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il territorio di Rubiera insiste sulla porzione nord-occidentale della conoide alluvionale del T. Secchia, il cui apice è situato all'altezza di Sassuolo. La conoide presenta una forma planimetrica asimmetrica rispetto all'attuale corso del fiume, essendo maggiormente sviluppata in destra idrografica, a testimonianza di una migrazione nel tempo verso occidente del corso d'acqua.

Il sottosuolo conseguentemente è caratterizzato dalla presenza di orizzonti ghiaiosi che risultano prevalenti nella zona ad est del F. Secchia (Fig. 6), con spessori di ordine decametrico. Viceversa ad occidente del fiume i livelli ghiaiosi si assottigliano e le intercalazioni di depositi fini limo-argillosi tendono a sostituirsi ai depositi grossolani, per poi diventare prevalenti immediatamente a ovest e nord dell'abitato di Rubiera.

Complessivamente tali depositi, all'altezza di Rubiera e sino alla profondità di circa 200 m da p.c., appartengono al Sintema Emiliano-Romagnolo Sup., sedimentato a partire da 650.000 anni fa. Il Sintema è organizzato in più Subsintemi, ognuno dei quali è costituito da una porzione inferiore a litologie relativamente più fini per lo più argillose, mentre le ghiaie e le sabbie, quando presenti, sono spesso canalizzate e di limitata estensione. La parte superiore del subsintema è invece caratterizzata da granulometrie più grossolane, con le ghiaie che presentano un tetto tabulare e maggiore estensione rispetto a quelle della porzione sottostante.

Si tratta quindi di unità cicliche caratterizzate dall'alternarsi di due litologie (fini e grossolane) e le discontinuità che separano i subsintemi sono rappresentate in alta pianura da paleosuoli ben sviluppati, legati a periodi di interruzione della sedimentazione, che hanno consentito la pedogenesi della parte sommitale dei depositi ghiaioso-sabbiosi. Spostandosi più a valle la superficie di separazione tra subsintemi non è più contrassegnata dalla presenza di paleosuoli e può essere individuata solo basandosi sulla differenza litologica.

Il Subsintema di Ravenna, che dal piano campagna si spinge sino a profondità massime di circa -20.00 m da p.c., è caratterizzato nella parte superiore da una prevalenza di livelli limo-argillosi o limo-sabbiosi, con frequenti intercalazioni sabbiose nel settore settentrionale del territorio comunale, connessi alla presenza di paleovalvei e ambienti di argine e rotta fluviale. La sedimentazione grossolana del Subsintema di Ravenna è presente alla base dell'unità e si rinviene solo in prossimità del F. Secchia in eteropia con livelli argillosi. Nelle aree distali della conoide (zona a nord di Rubiera) si registra un aumento delle sabbie, che costituiscono livelli sempre più potenti, sino a sostituire completamente le ghiaie.

Il Subsintema di Villa Verucchio, non affiorante nel territorio comunale di Rubiera, è presente nel sottosuolo al di sotto di quello di Ravenna e il contatto basale erosivo e discontinuo è con il sottostante Subsintema di Bazzano alla profondità di circa -60.00 m da p.c.. E' costituito da limi prevalenti con subordinate ghiaie e sabbie nella porzione inferiore (Unità di Niviano) e da depositi

prevalentemente ghiaioso-sabbiosi di conoide in quella superiore (Unità di Vignola). Le ghiaie di conoide dell'Unità di Vignola presentano una estensione e una potenza maggiore rispetto a quelle del sovrastante Subsistema di Ravenna, probabilmente dovute a condizioni idrauliche e climatiche diverse, che hanno determinato maggiori portate e maggior trasporto solido del corso d'acqua. Queste ghiaie passano nelle zone distali e laterali della conoide a limi e limi sabbiosi di ambiente di interconoide e, ancor più a valle, a limi e limi argillosi di piana alluvionale.

La profondità basale del Sistema Emiliano-Romagnolo Sup., sulla base dei dati bibliografici disponibili, viene ipotizzata alla quota di circa -150 m s.l.m., mentre la base dei depositi quaternari continentali si colloca a circa -250 m s.l.m. (Fig. 7).

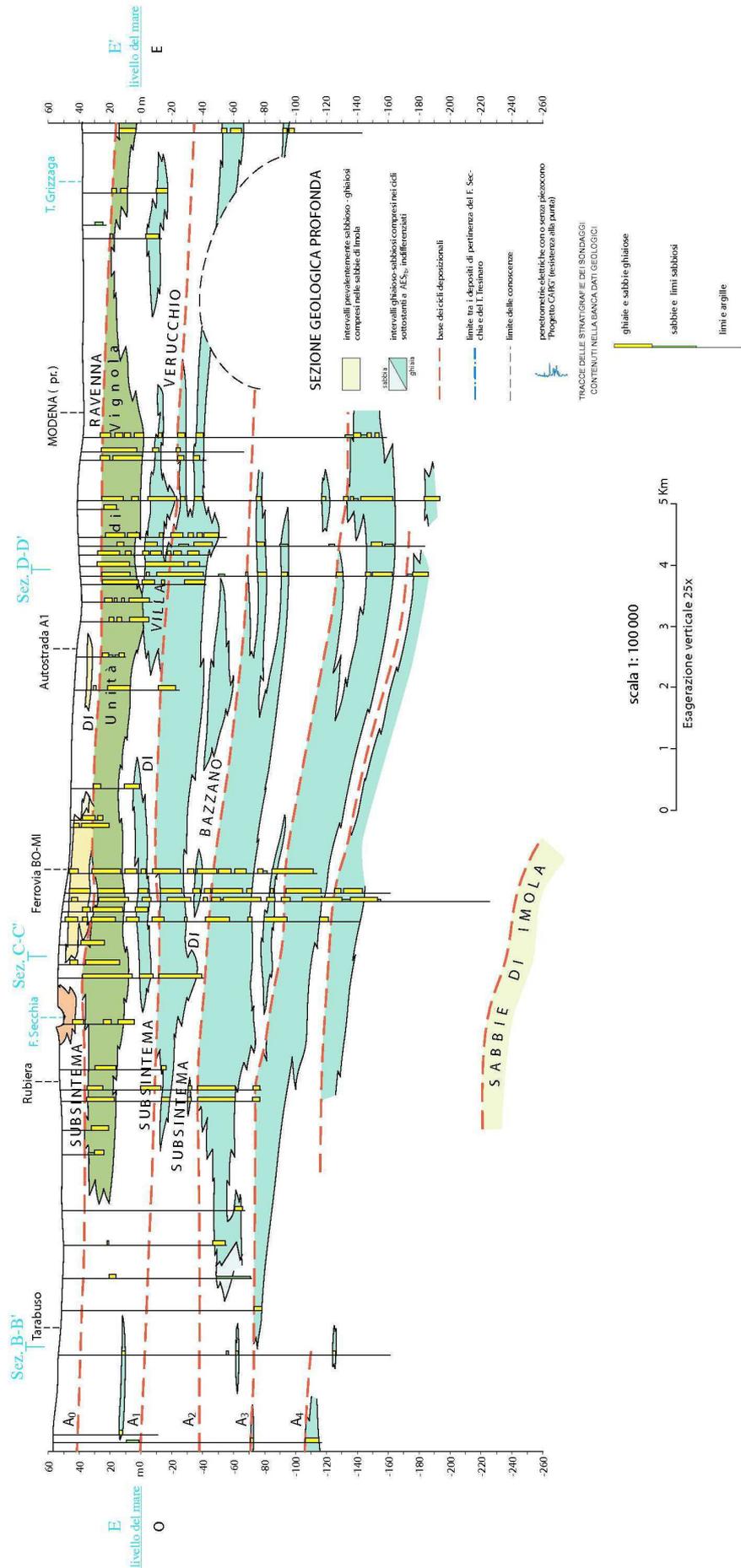


Fig. 6 – Stralcio della Sezione Geologica n. 18, ubicata trasversalmente al F. Secchia (Fonte: "Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna")

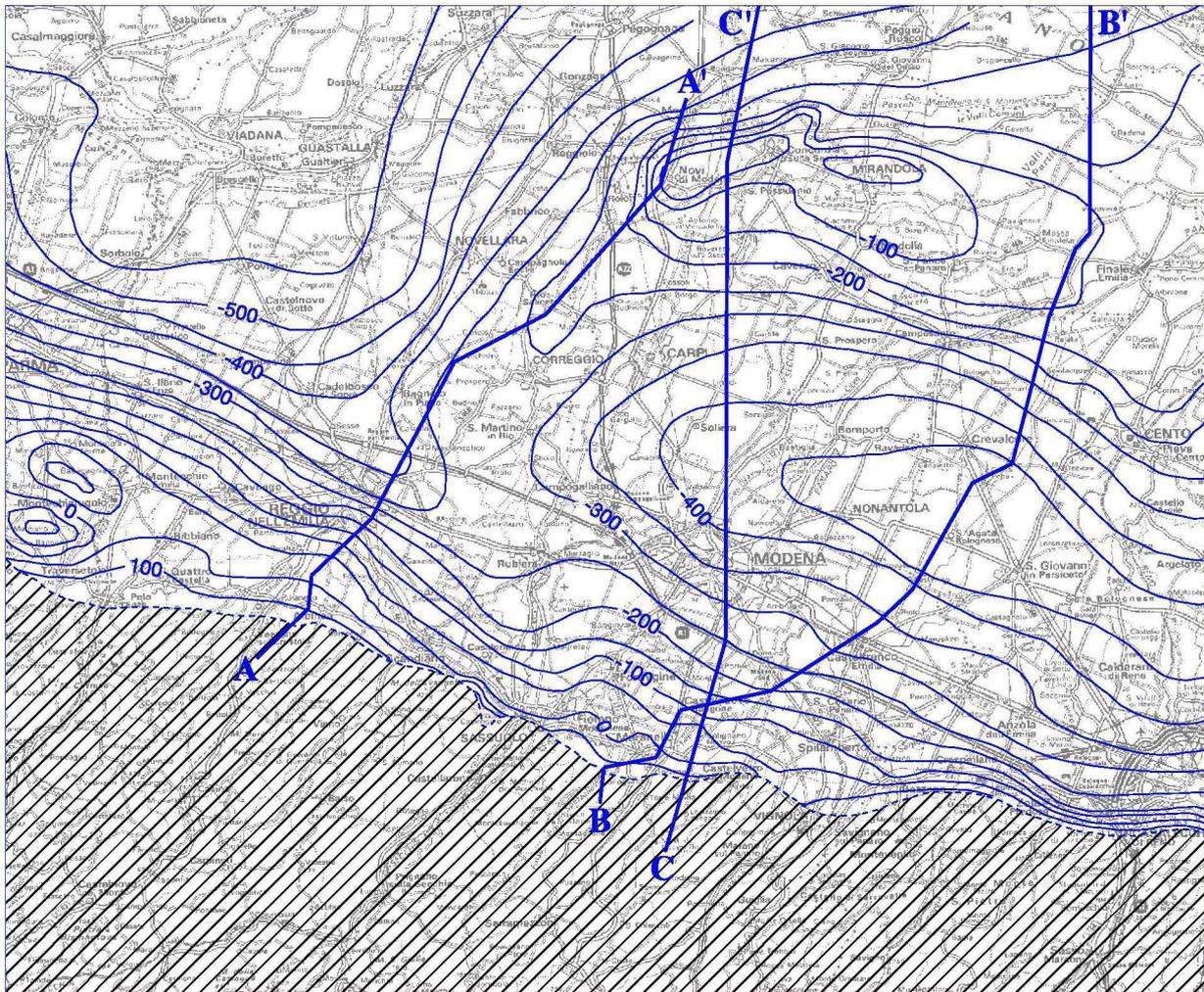


Fig. 7 – Profondità (in m s.l.m.) del limite basale dei sedimenti quaternari continentali (tratto da: “Note illustrative della Carta Geologica d’Italia – Foglio 201” APAT – Regione Emilia-Romagna)

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Al termine della campagna di misure HVSR, al fine di determinare la qualità delle singole misure H/V effettuate e la loro relativa affidabilità, necessaria per una corretta fase interpretativa, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri di SESAME 2004 relativi alla robustezza statistica del segnale. Inoltre, per ogni singola acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

In fase di elaborazione, sfruttando le possibilità di analisi direzionale e temporale del software utilizzato (GRILLA® – Micromed), è stata valutata la stazionarietà temporale dei rapporti spettrali misurati, prestando inoltre particolare attenzione alle variazioni azimuthali di ampiezza, nel rispetto della condizione di isotropia del segnale

In conclusione, verificati i criteri SESAME 2004 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, per le prove che hanno mostrato particolari evidenze di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse, si è provveduto ad effettuare ulteriori acquisizioni.

Ogni singola prova HVSR utilizzata nel presente studio, a prescindere dalle verifiche sopra descritte, è stata confrontata con le risultanze di quelle adiacenti e riferite al medesimo contesto litostratigrafico e geomorfologico. Inoltre il loro utilizzo e la loro interpretazione è stata supportata dal confronto e dalla relativa taratura con altre prove geofisiche (MASW – RE.MI.) e profili stratigrafici derivanti dai sondaggi geognostici disponibili.

Nel presente studio gli abachi e le tabelle degli ICMS sono risultati inapplicabili per le aree esaminate, in quanto:

- non è stato possibile individuare la profondità del basamento sismico con $V_s > 800$ m/s e, conseguentemente, il tipo di profilo di V_s sino a tale profondità;
- i contrasti di velocità in corrispondenza di orizzonti abbastanza rigidi con $600 < V_s < 800$ m/s, sono risultati quasi sempre inferiori a 2.

Di conseguenza è stata operata la scelta di utilizzare le tabelle e le formule indicate dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali (Delibera Ass. Leg. Regione Emilia-Romagna n° 112/2007).

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, di concerto con l'Ufficio Tecnico Comunale, sono stati definiti con esattezza i limiti degli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica. Infatti dal momento che il percorso di formazione del nuovo strumento di pianificazione urbanistica è stato avviato recentemente, si è reso necessario individuare preliminarmente le porzioni di territorio che saranno presumibilmente interessate da nuove edificazioni, nuove infrastrutture strategiche (ex. Tangenziale) o sostanziali trasformazioni urbanistiche, su cui incentrare studi ed approfondimenti.

Una volta eseguita tale operazione, sono acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.

Successivamente è stata eseguita una campagna di indagini di sismica passiva (misure di ascolto dei microtremori con tromografo digitale portatile) ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

- **Carta delle indagini:** in tale cartografia sono riportate le prove pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base al tipo e alla profondità raggiunta;
- **Carta geologico-tecnica:** tale carta è stata derivata dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi geologici e morfologici disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni (f):** tale carta è stata derivata da indagini di sismica passiva (misure HVSR). In questa carta sono riportati i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di f_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di altri picchi significativi a più alta frequenza o indicazione dell'assenza di picchi). Inoltre sono state distinte le zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture (ampiezza massima curva HVSR > 3) e bassi contrasti di impedenza (ampiezza HVSR < 3);
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS):** in questa cartografia sono indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari. Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura. In queste zone non sono richiesti ulteriori approfondimenti;
- b) zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello;
- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (ex. liquefazioni). In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Successivamente, e in diretta continuità con la prima fase, è stata svolta la seconda fase di lavoro, che ha quale obiettivo la Microzonazione Sismica del territorio indagato.

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)**: in questa carta sono ubicati tutti i punti di misura di Vs con indicazione, per ogni punto misura, del valore di Vs30;
- **Carta dei fattori di amplificazione delle aree**. L'amplificazione è stata quantificata in termini di parametri FA e FV e FA_{PGA} , $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1,0s}$. Le aree che necessitano di approfondimenti di terzo livello saranno perimetrate, con indicazione del tipo di effetti attesi e delle indagini e analisi di approfondimento da effettuare. Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate nell'Al. 2 degli indirizzi regionali.

Le elaborazioni sono state rappresentate nelle varie cartografie, ciascuna delle quali costituita da due tavole: una relativa al settore meridionale del territorio comunale con finestra incentrata su Rubiera Capoluogo e l'altra relativa al settore settentrionale del territorio comunale con due finestre coincidenti con gli abitati di San Faustino e di Fontana.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

In questa cartografia sono state riportate le prove di nuova esecuzione e quelle pregresse relative a indagini geognostiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale.

Tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia (indagini geognostiche: prova penetrometrica statica, prova penetrometrica dinamica, sondaggio a rotazione, ecc.; indagini geofisiche: MASW, RE.MI., HVSr).

Legenda	
	Sondaggio a carotaggio continuo
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTE)
	Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)
	Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)
	Prova penetrometrica dinamica leggera (DL)
	Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)
	MASW
	Prova REfraction Microtremors
	Profilo sismico a riflessione

Fig. 8 – esempio di legenda della Carta delle indagini

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- n° 9 sondaggi a carotaggio continuo
- n° 443 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n° 8 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE)
- n° 2 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)
- n° 32 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n° 12 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)
- n° 21 MASW
- n° 5 prove REfraction Microtremors
- n° 1 profili sismici a riflessione

Come ricordato in precedenza, ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 45 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR) e n° 5 MASW (cfr. All. 1 e 2)

8.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse. Questi dati hanno contribuito a definire il modello di sottosuolo, funzionale alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1).

Per la stesura di questa carta si è fatto riferimento alla documentazione prodotta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e messa a disposizione del Comune di Rubiera per le finalità in oggetto.

Più in particolare sono stati acquisiti i contenuti del Foglio geologico n° 201 alla scala 1:50.000. Si tratta di dati che sono confluiti nella nuova *“Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG”*. La natura litologica delle unità affioranti nel territorio comunale sono state distinte facendo riferimento alla citata *“Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG”* che riporta la tessitura dei depositi superficiali.

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura prevalentemente limosa nel settore occidentale, mentre nel settore orientale prevalgono i termini limo-sabbiosi. Le ghiaie risultano sub-affioranti solo nelle fascia adiacente l'alveo del F. Secchia, interessata nel tempo da attività estrattiva.

I pozzi o sondaggi perforati negli areali di studio non hanno mai raggiunto il substrato geologico: tuttavia sono stati indicati nella carta geologico-tecnica quelli più profondi, riportando il valore della profondità raggiunta.

Nella medesima carta sono stati indicati anche alcuni valori di minima soggiacenza della falda freatica, ricavati dai dati a corredo delle prove geognostiche disponibili.

8.3 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Si tratta di una carta derivata dalle indagini speditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali). In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di F_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza) (Fig. 9).

Le misure sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze ($F_0 \leq 1$ Hz; $1 < F_0 \leq 2$ Hz; $2 < F_0 \leq 8$ Hz; $F_0 > 8$ Hz) e dell'ampiezza del picco che individua contrasti di impedenza alti (picco HVSR > 3) o bassi (picco HVSR < 3).

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco	
	≤ 3	> 3
$F_0 \leq 1$		
$1 < F_0 \leq 2$		
$2 < F_0 \leq 8$		
$F_0 > 8$		

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Fig. 9 – esempio di legenda della carta delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni.

L'esame dei valori di frequenza del picco principale evidenzia una buona correlazione con le caratteristiche stratigrafiche delle zone in cui è stato suddiviso l'areale oggetto di studio.

In particolare il settore sud-orientale del capoluogo è caratterizzato da picchi a frequenza variabile da 3.5 a 5 Hz, con ampiezza della curva H/V generalmente prossimi a 3 o poco superiori (Fig. 10), indotti dalla presenza di un livello ghiaioso ascrivibile al Subsistema di Ravenna, il cui tetto si colloca a profondità variabili da -11.00 a -15.00 m da p.c.. Un ulteriore picco, di minor ampiezza, è presente a frequenze superiori o prossime a 10 Hz, riconducibile ai livelli ghiaiosi superficiali di limitato spessore.

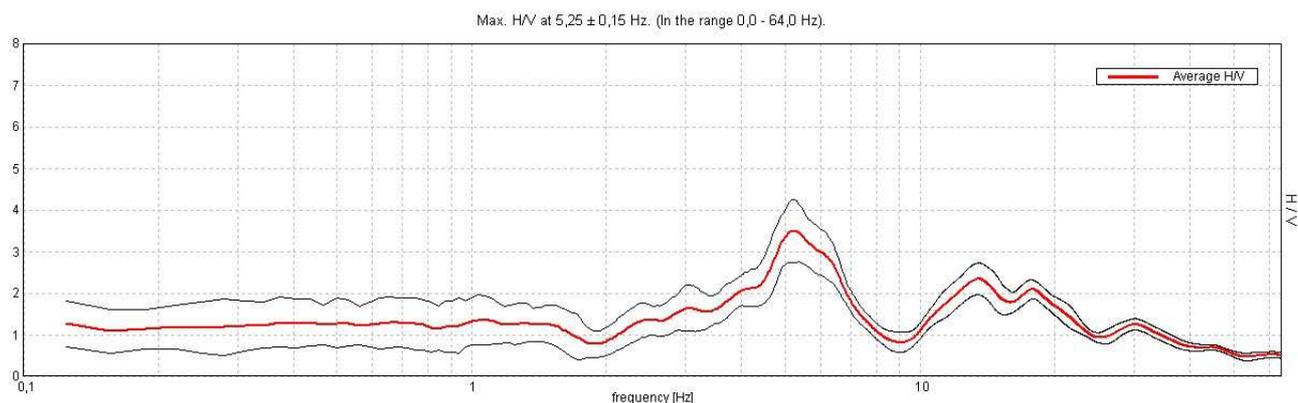


Fig. 10 – Curva H/V rappresentativa del settore sud-orientale del capoluogo (misura TR44)

Il settore centrale e settentrionale del capoluogo, in cui il primo livello ghiaioso tende ad approfondirsi spostandosi verso occidente, è caratterizzato nella maggior parte dei casi da picchi a frequenza di $1,0 \div 1,2$ Hz, riconducibili a contrasti di impedenza che possono essere supposti a profondità di circa -100 m da p.c.. Ulteriori picchi di minor ampiezza caratterizzano le frequenze di $2 \div 3$ Hz, riconducibili a livelli di ghiaie situati a profondità di variabili da -17.00 a -25.00 m da p.c. (Fig. 11).

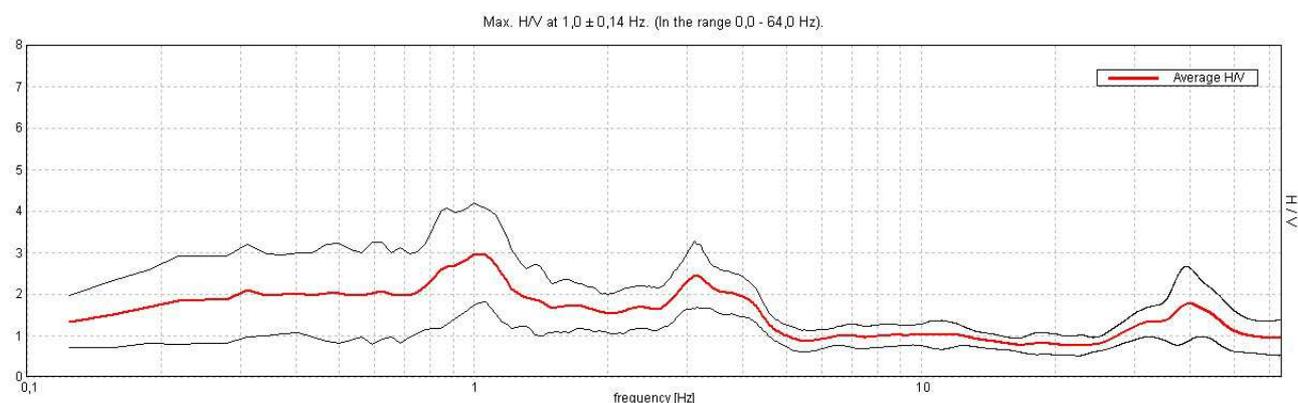


Fig. 11 – Curva H/V rappresentativa del settore centrale del capoluogo (misura TR6)

L'areale a nord del capoluogo, in cui ricadono le frazioni di S. Faustino e di Fontana, è caratterizzato da un picco significativo a frequenze di $0,8 \div 0,9$ Hz, con ampiezza della curva H/V prossimo o inferiore a 3 (Figg. 12 e 13), generato da uno contrasto di impedenza profondo, con spessori attesi della copertura risonante superiori a 100 metri. Una modesta amplificazione si registra anche tra le frequenze di $3 \div 5$ Hz nell'areale di Fontana, probabilmente correlabile alla presenza di livelli ghiaioso-sabbiosi a quote di -20.00/-25.00 m da p.c.. Quest'ultima amplificazione

non emerge invece nelle curve H/V nella frazione di S. Faustino, in quanto risultano assenti corpi a granulometria grossolana nei primi 30 metri di profondità (Fig. 12).

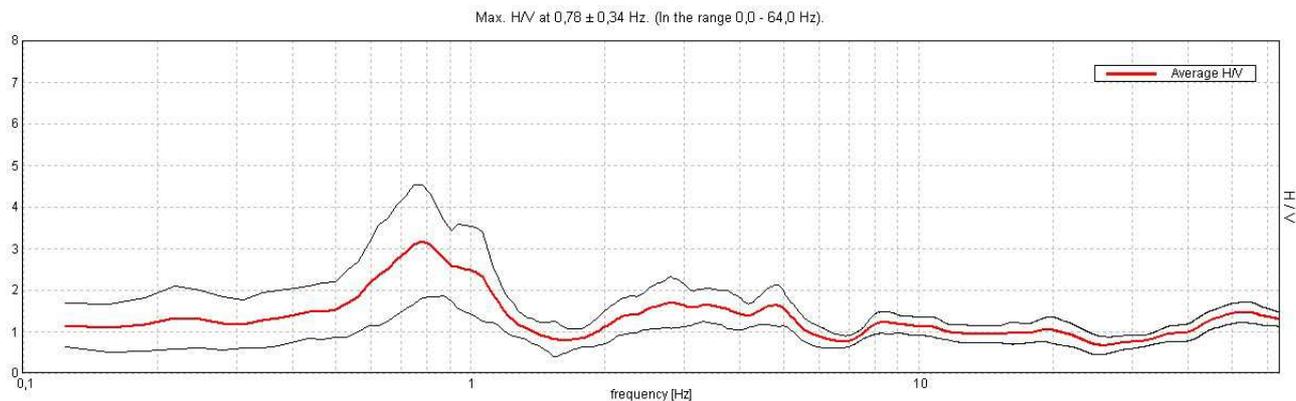


Fig. 12 – Curva H/V rappresentativa della frazione di Fontana (misura TR29)

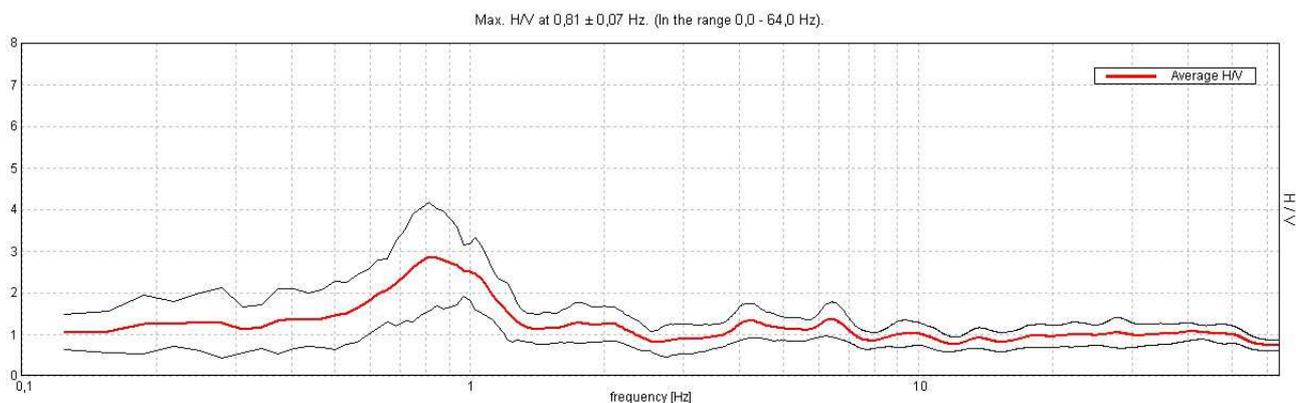


Fig. 13 – Curva H/V rappresentativa della frazione di S. Faustino (misura TR36)

8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (LIVELLO 1)

Le microzone sono state distinte in tre categorie:

- a) **zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti. Questa categoria non è presente sul territorio del Comune di Rubiera.
- b) **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. All'interno di queste aree si è operata una ulteriore distinzione sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, identificando n° 4 profili stratigrafici tipo (Zona 2001,

Zona 2002, Zona 2003 e Zona 2004) ai quali possono essere ricondotti gli areali esaminati (Fig. 14). In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.

- c) **zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni in presenza di importanti spessori di depositi sabbiosi saturi nei primi 20 m dal piano campagna e densificazione in presenza di terreni granulari poco addensati. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

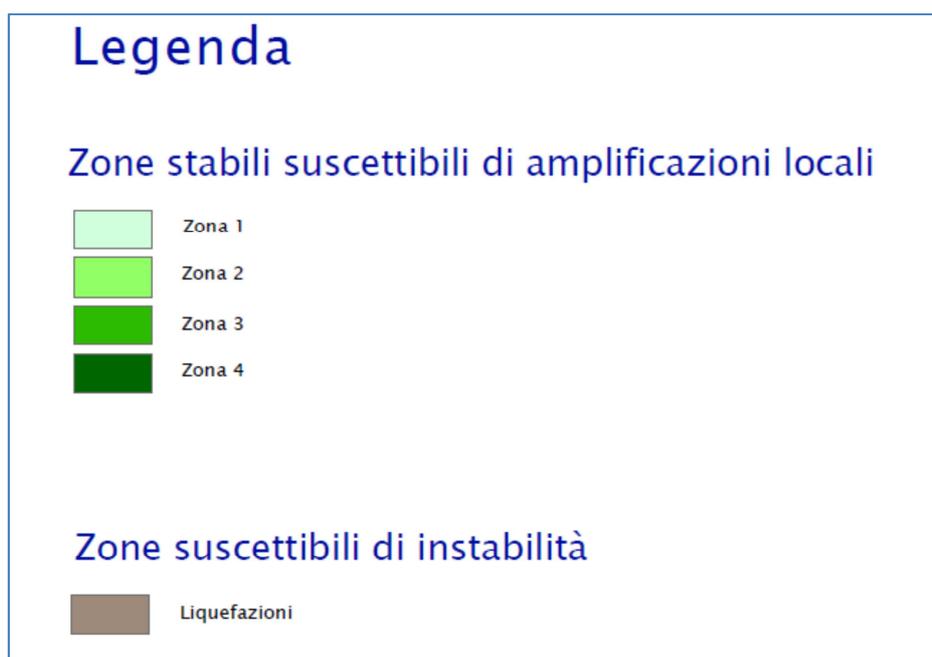


Fig. 14 – esempio di legenda della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

L'areale in studio è caratterizzato da quattro distinte microzone omogenee, costituite da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (v. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica).

Zona 2001

Questa zona ricomprende il territorio adiacente il corso del F. Secchia in prossimità del capoluogo. Il sottosuolo è caratterizzato dalla prevalenza di depositi grossolani di natura ghiaiosa appartenenti alla conoide alluvionale del F. Secchia, che si spingono oltre la profondità di -30 m da p.c., con subordinate intercalazioni di materiali fini. In particolare il tetto del primo orizzonte ghiaioso è situato a profondità variabili da -2.00 a -4.00 m da p.c. (Fig. 15).

Questi depositi sono generalmente caratterizzati da ghiaie poco classate ed embriciate, con diametri massimi di circa cm 30, immersi in matrice sabbioso-limosa. La natura dei ciottoli è

rappresentata in prevalenza da litologie calcaree e arenacee. Le sabbie sono presenti oltre che nella matrice, in rare lenti poco sviluppate entro le ghiaie stesse o al tetto di queste, ove assieme a limi ed argille costituiscono lo strato superficiale potente qualche metro.

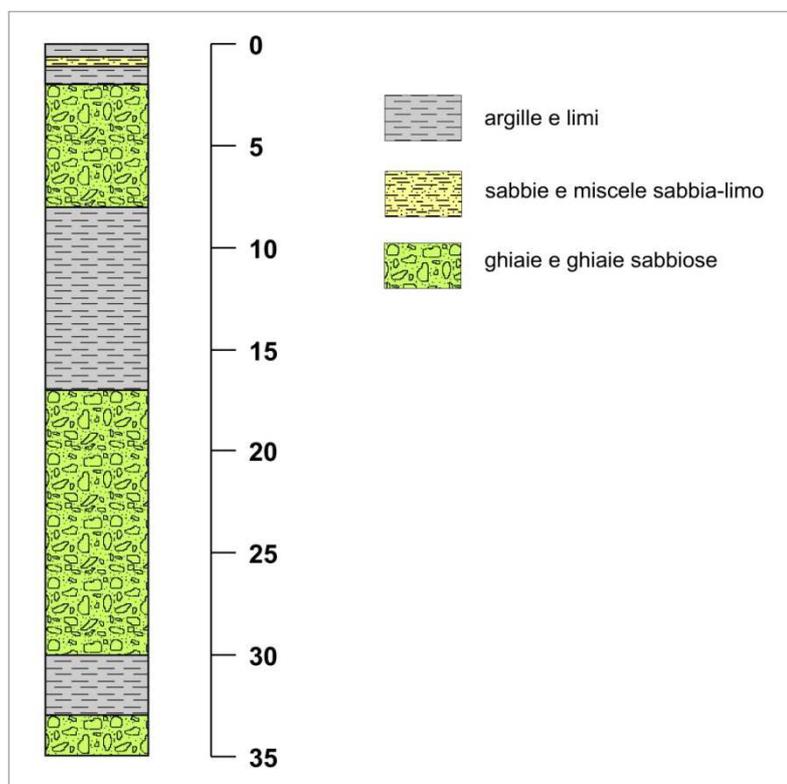


Fig. 15 – Successione stratigrafica cod. 2001

Zona 2002

È la zona che identifica il settore ricompreso tra la precedente e il corso del T. Tresinaro ed è caratterizzata da una maggior soggiacenza del tetto del primo livello ghiaioso, che si colloca a profondità generalmente di -11.00/-14.00 m da p.c. e si spinge sino a circa -30.00/-33.00 m da p.c. (Fig. 16).

I depositi sovrastanti sono costituiti da alternanze di limi e limi argillosi e livelli decimetrici di limi sabbiosi. Il grado di consistenza di questi depositi risulta generalmente moderato nella porzione superficiale, mentre oltre la profondità di circa -7.00 m da p.c. si registra un aumento della consistenza. Localmente, in prossimità del T. Tresinaro, si rinvencono livelli ghiaiosi di limitato spessore intercalati nei depositi fini di copertura.

Un secondo orizzonte ghiaioso è viceversa localizzato oltre la profondità di -40.00m da p.c..

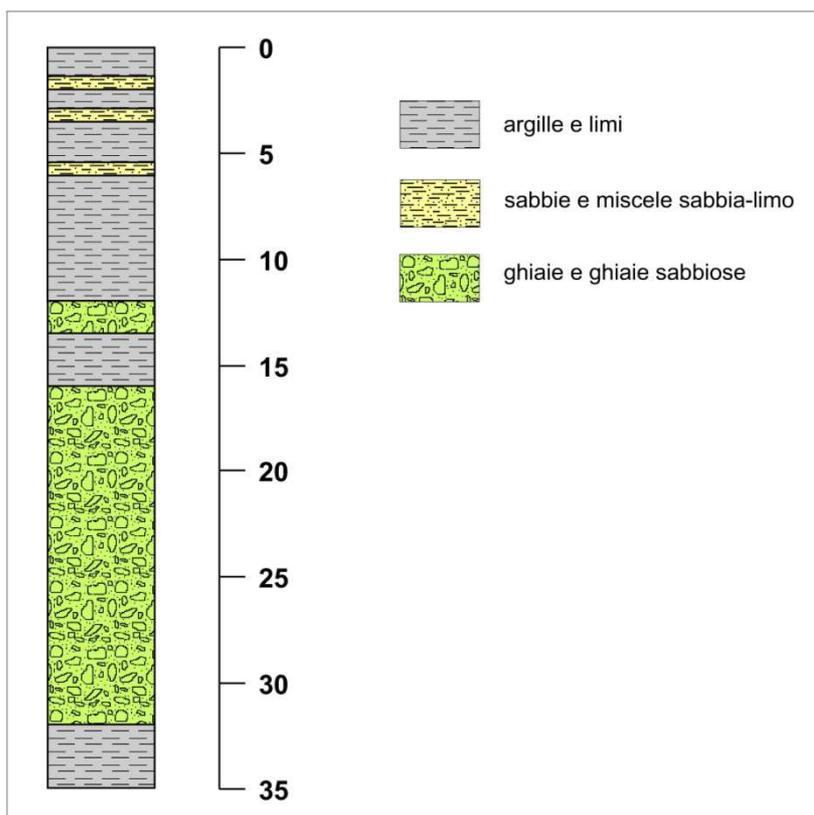


Fig. 16 – Successione stratigrafica cod. 2002

Zona 2003

È rappresentata dal settore che occupa la zona orientale del capoluogo a valle della linea ferroviaria MI-BO (tracciato storico) ed caratterizzata da sedimenti superficiali fini limosi alternati a livelli limo-sabbiosi, con presenza di una intercalazione ghiaiosa della potenza di qualche metro e che tende ad assottigliarsi spostandosi verso occidente.

Tali depositi, moderatamente consistenti nei primi 7÷8 m di profondità, si spingono sino alla quota mediamente di -25.00 m da p.c., dove si rinviene un orizzonte ghiaioso dello spessore di 8÷10 metri (Fig. 17).

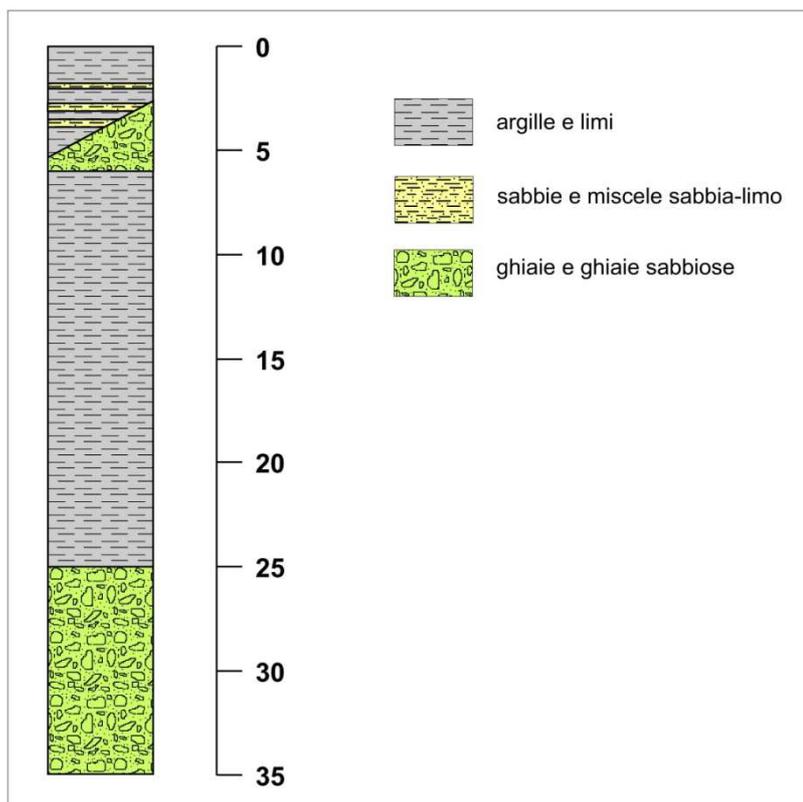


Fig. 17 – Successione stratigrafica cod. 2003

Zona 2004

Questa zona ricomprende la restante parte del capoluogo (settore occidentale) ed è caratterizzata da una spessa coltre di depositi fini, costituiti da alternanze di limi e limi argillosi e livelli decimetrici di limi sabbiosi, generalmente caratterizzati da una consistenza bassa sino alla profondità di -7.00÷9.00 m da p.c. (valori di R_p del penetrometro statico pari a 4÷8 kg/cm²).

Il tetto del primo livello ghiaioso tende ad approfondirsi spostandosi verso l'estremità settentrionale del settore, passando da -18.00 a -24.00 m da p.c. (Fig. 18).

Un secondo livello ghiaioso, più profondo rispetto agli altri settori descritti, si colloca alla quota di circa -60.00 m da p.c..

A questa zona è stata ricondotta anche la porzione meridionale della frazione di Fontana, situata a NE del capoluogo in prossimità del tracciato dell'Autostrada del Sole. Il profilo stratigrafico tipo è infatti assimilabile a quello che caratterizza la zona 2004 e si differenzia solo per la presenza di una intercalazione discontinua di ghiaie di spessore limitato, con tetto alla quota di circa -8.00÷10.00 m da p.c..

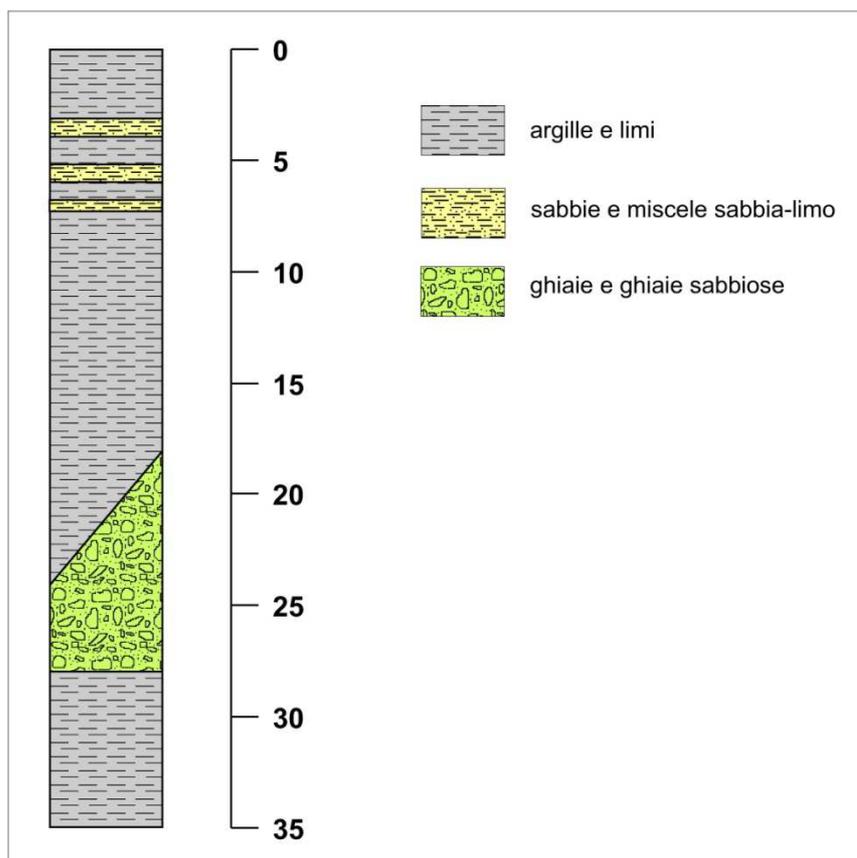


Fig. 18 – Successione stratigrafica cod. 2004

Zone suscettibili di instabilità

Si tratta di aree da sottoporre ad approfondimenti di terzo livello, suscettibili di instabilità per potenziali effetti di liquefazione. La loro individuazione è stata effettuata sulla base della presenza di depositi di sabbie o miscele di sabbia e limo immerse in falda.

Tali aree ricomprendono la frazione di S. Faustino, situata a Nord del capoluogo in prossimità del tracciato dell'Autostrada A1, dove si è riscontrato la presenza di depositi di sabbia medio-grossolana, con grado di addensamento da sciolta a moderatamente addensata ($N_{spt} = 6 \div 10$), che si spingono sino alla profondità di circa -15.00 m da p.c.. In questo areale, nei primi 30 m di profondità, i livelli ghiaiosi risultano assenti o di limitato spessore.

Analoga attribuzione è stata effettuata per parte del territorio della frazione di Fontana, situata a NE del capoluogo anch'essa in prossimità del tracciato dell'Autostrada del Sole, in quanto caratterizzata nella porzione centro-settentrionale da un maggior contenuto di frazione sabbiosa nella coltre superficiale: si tratta di livelli di sabbie fini e sabbie-limose poco addensate alternate a limi argillosi di bassa consistenza (valori di vane test pari a $0.2 \div 0.4 \text{ kg/cm}^2$), in prevalenza localizzate tra le quote di -2.00 e -6.00 m da p.c..

8.5 CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (VS)

In questa carta sono stati riportati i punti di misura di Vs con indicazione del valore in m/s di Vs₃₀. Non sono stati indicati valori di Vs_H in quanto il substrato rigido è localizzato a profondità maggiori di 50 metri.

Sono state altresì distinte le misure di Vs sulla base della tecnica impiegata: MASW, Re.Mi, ecc. (Fig. 19).

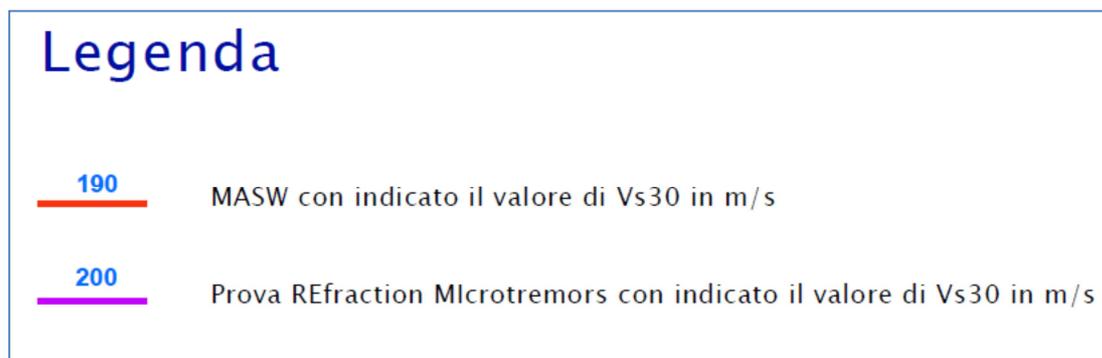


Fig. 19 – esempio di legenda della Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

I profili di velocità delle onde di taglio, ottenuti attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW e RE.MI, evidenziano sostanziali differenze della risposta sismica locale tra i depositi presenti nel sottosuolo del settore occidentale, rispetto a quelli del settore orientale dell'areale in esame, in accordo con quanto evidenziato sia nel paragrafo relativo alle frequenze fondamentali dei terreni, sia dai diversi profili stratigrafici che identificano le microzone omogenee in prospettiva sismica.

Nel settore sud-orientale del capoluogo (zona 2001 e 2002) le prove evidenziano velocità di Vs di 150÷250 m/s nei materiali fini di copertura presenti sino a -11.00÷14.00 m da p.c.. Oltre tale profondità si registra un netto aumento di velocità dovuto al passaggio a depositi grossolani di natura ghiaiosa, con valori di Vs superiori a 400m/s (Fig. 20). In questo settore, sulla base dei dati disponibili, il valore del parametro Vs₃₀ risulta mediamente prossimo a 330 m/s.

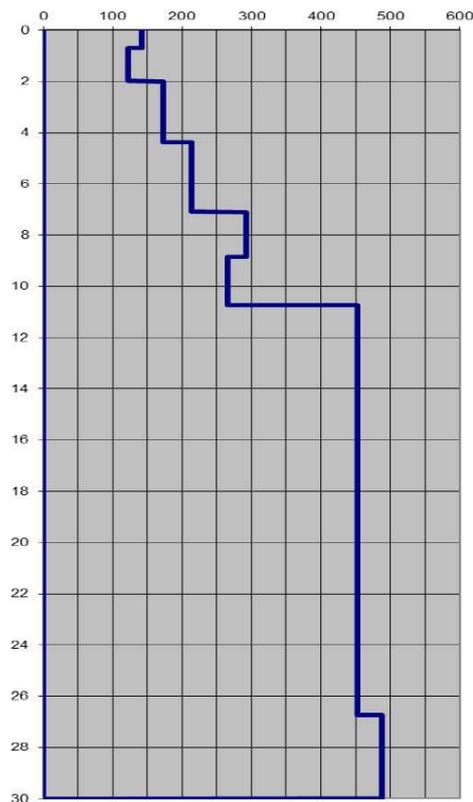


Fig. 20 – Profilo tipo di Vs del settore sud-orientale del capoluogo (MW_5)

Il settore nord-orientale del capoluogo (zona 2003), al di sotto di uno strato ghiaioso di limitato spessore, è caratterizzato da un maggior spessore di depositi fini con velocità delle onde di taglio pari a circa 250 m/s.

Alla profondità di circa -25.00 m da p.c. la presenza di uno spesso orizzonte ghiaioso determina un netto incremento di Vs sino a valori superiori a 400 m/s (Fig. 21). In questo settore, sulla base dei dati disponibili, il valore del parametro V_{s30} risulta mediamente prossimo a 250 m/s.



Fig. 21 – Profilo tipo di Vs del settore nord-orientale del capoluogo (MW_2)

La restante porzione dell'areale del capoluogo si caratterizza per ridotti valori di Vs (120÷160 m/s) nei primi 7÷9 m di profondità, indotti dalla presenza di una coltre di depositi fini scarsamente consistenti.

I depositi sottostanti, caratterizzati da un grado di consistenza più elevato, evidenziano un aumento della Vs che si attesta su valori di 200÷250 m/s sino a profondità mediamente di -20.00 m da p.c. (Fig. 22).

Oltre tale profondità la presenza di un primo livello ghiaioso determina un aumento di Vs sino a valori superiori a 300 m/s. In questo areale, sulla base dei dati disponibili, il valore del parametro V_{s30} risulta mediamente prossimo a 200 m/s.

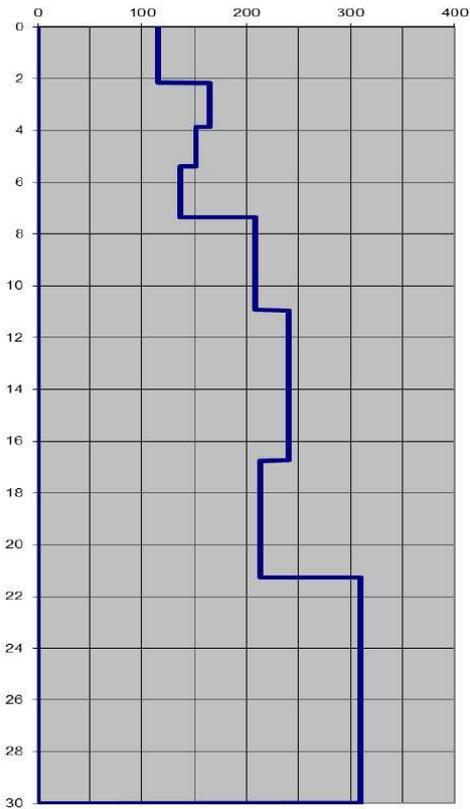


Fig. 22 – Profilo tipo di Vs del settore occidentale del capoluogo (MW_3)

Valori di V_{s30} simili ai precedenti sono stati misurati negli areali delle frazioni e in particolare quello di S. Faustino, caratterizzati tuttavia da profili di velocità senza netti contrasti di impedenza (Fig. 23), data l'assenza di orizzonti ghiaiosi significativi.

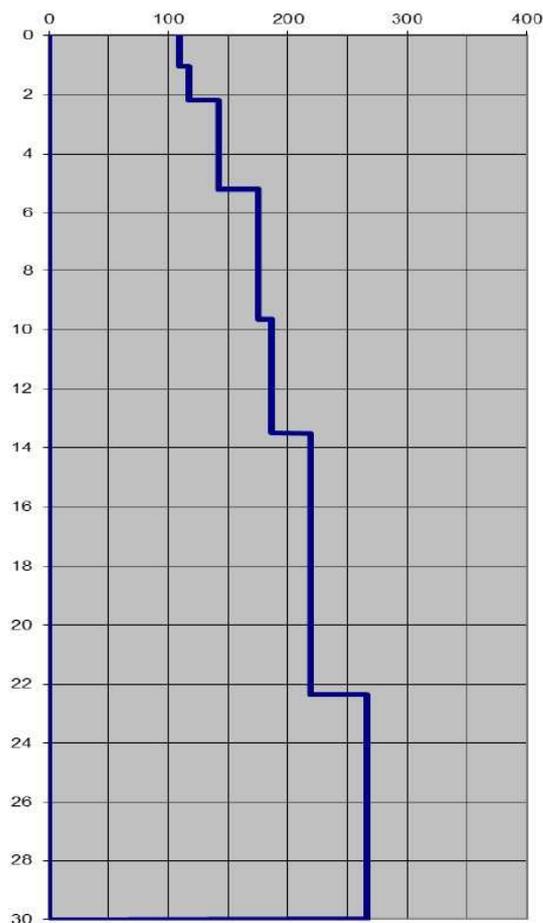


Fig. 23 – Profilo tipo di Vs nell'areale di S. Faustino (MW_1)

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, gli areali oggetto di microzonazione possono essere attribuiti alla categoria “C”.

8.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 2)

L’amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) e di rapporto di Intensità spettrale o di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi ($0.1s < T_0 < 0.5s$ e di $0.5s < T_0 < 1.0s$), dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l’accelerazione massima orizzontale e l’Intensità di Housner al suolo di riferimento e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Sulla base della ricostruzione del modello del sottosuolo (v. paragrafo 5) e della carta delle frequenze, è stato ipotizzato che il bedrock sismico sia situato a profondità di maggiori di -100 m

da p.c.. Infatti le misure HVSR hanno individuato i picchi a più bassa frequenza in corrispondenza di valori variabili da 1.0 Hz nell'areale di Rubiera capoluogo, a 0.8 Hz nelle frazioni di Fontana e S. Faustino.

Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali (Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007).

Più in particolare è stata impiegata la tabella degli indirizzi regionali denominata "Pianura 2", in quanto le aree oggetto di studio ricadono in un ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (>100 m da p.c.).

Dal momento che il territorio del Comune di Rubiera ricade in un contesto di pianura non sono stati considerati fattori di amplificazione per motivi topografici.



Fig. 24 – esempio di legenda della Carta dei fattori di amplificazione

L'area in oggetto ricade in zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da quattro zone distinte (v. Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2).

Per ciascuna zona sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m (V_{s30}), analizzando sia i valori derivanti dalle indagini MASW e RE.MI, in parte di nuova esecuzione e in parte reperite presso l'archivio dell' U.T. comunale.

Per le quattro zone i valori di riferimento delle V_{s30} , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono i seguenti:

- Settore occidentale (Zona 2001) → $V_{s30} = 350$ m/s
- Settore sud-orientale (Zona 2002) → $V_{s30} = 350$ m/s
- Settore nord-orientale (Zona 2003) → $V_{s30} = 250$ m/s
- Settori centrale e occidentale (Zona 2004) → $V_{s30} = 200$ m/s

Utilizzando la tabella “Pianura 2” dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per gli areali oggetto di microzonazione sono riportati nella tabella seguente:

	ZONE			
	1	2	3	4
F.A. P.G.A.	1.4	1.4	1.5	1.5
F.A. Is (0.1s < T₀ < 0.5s)	1.7	1.7	1.8	1.8
F.A. Is (0.5s < T₀ < 1.0s)	2.0	2.0	2.3	2.5

Tab. 2 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica

Successivamente, in fase di predisposizione dei Piani Urbanistici Attuativi, dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.

9. CONFRONTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

È stato richiesto all'Ufficio Tecnico del Comune di Rubiera se era in possesso di documentazione di archivio, relativa a danni sul territorio comunale provocati da eventi sismici avvenuti in passato, ma la risposta è stata negativa, in quanto non risultano agli atti documenti specifici.

I recenti eventi sismici del gennaio e maggio 2012 non hanno provocato danni significativi a fabbricati pubblici e/o privati.

10. BIBLIOGRAFIA

Albarello D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 – 2011, Appendice I e II, pp 50-62

Baldi M., Baldini U., Bevivino R., Castagnetti S., Daminelli R., Gianferrari C., Marcellini A., Martelli L. e Tinto A., 2010: UNIONE TERRE DI CASTELLI: VALIDAZIONE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (2010) - 29° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Prato.

Di Dio Gianmarco (1998) – RISERVE IDRICHE SOTTERRANEE DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA, Regione Emilia-Romagna - ENI

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)

Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (a cura di) (2011) . BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano,Bologna, <http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>

Marcellini A., Martelli L, Tinto A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)

Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SIMOGENETICA 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.

Pieri M. & Groppi G. (1982) - SUBSURFACE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE PO PLAIN. Pubblicazione 414 Progetto finalizzato Geodinamica, C.N.R.

CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze

MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) – Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – FOGLIO 201" APAT – REGIONE EMILIA-ROMAGNA

11. ALLEGATI

All. 1 – Misure HVSR a stazione singola

All. 2 – Prove sismiche tipo MASW (Multichannel Spectral Analysis of Waves)