CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Regione Emilia-Romagna

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Casalecchio di Reno



Regione **Emilia-Romagna** Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC n° 344 del 2016	Soggetto realizzatore RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI Dott. Geol. Luca Monti Dott. Geol. Paolo Di Marcantonio Dott. Ing. Gianluca Calzini Piazza Giovanni XXIII 12/b 40133 Bologna tel: 051-9912225 - fax:051-4122990 luca.monti@ultraland.it Collaborazione Giorgio Cioce Mirko Soldati	Comune di **Casalecchio di Reno** Il Sindaco **Massimo Bosso**	
		Data **Febbraio 2020**	Elaborato 1

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

INDICE

1 Introduzione....3
1.1 Finalità dello studio....3
1.2 Descrizione generale dell'area comunale....4
1.3 Documenti di base utilizzati nello studio....4
1.4 Aree da sottoporre agli studi di MS....6
2 Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento....7
2.1 Sismicità storica dell'area di studio....7
2.2 Forme spettrali previste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni....11
2.3 Mappe di pericolosità sismica....11
2.4 Sorgenti sismogenetiche e faglie attive e capaci....14
3 Assetto geologico e geomorfologico dell'area....17
3.1 Inquadramento geomorfologico....17
3.2 Inquadramento geologico....18
3.3 Inquadramento tettonico....23
4 Dati geotecnici e geofisici....24
4.1 Dati geotecnici....24
4.2 Dati geofisici....26
4.2.1 Indagini HVSR....26
5 Modello del sottosuolo....28
6 Metodologie di elaborazione e risultati....29
6.1 Premessa....29
6.2 Metodologia di elaborazione....29

Indice delle figure

Figura 1: Località ISTAT e perimetrazione dell'area oggetto di Microzonazione Sismica....8
Figura 2: Grafico tempo/intensità per la storia sismica del comune di Casalecchio di Reno....9
Figura 3: Grafico tempo/intensità per la storia sismica di Bologna....10
Figura 4: Caratteristiche e distribuzione delle intensità macrosismiche dell'evento del 14 settembre 2003. Fonte: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15....11
Figura 5: Zonazione sismogenetica ZS9....13
Figura 6: A sinistra: Mappa dello scuotimento atteso in termini di accelerazione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno pari a 475 anni). A destra: Grafico di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in termini di distanza epicentrale e magnitudo....14
Figura 7: Sorgente sismogenetica ITCS047 censita con il progetto DISS....15
Figura 8: Caratteristiche della sorgente sismogenetica ITCS047....16
Figura 9: Stralcio della carta del progetto ITHACA estratto dal portale cartografico dell'ISPRA....17
Figura 10: Vista tridimensionale, con esagerazione verticale, del territorio comunale e dell'area oggetto di studio di MS2. Fonte: Google Earth....18
Figura 11: Profilo longitudinale di terrazzi fluviali indicante i depositi alluvionali presenti lungo la valle del F. Reno. Le linee colorate indicano il tetto delle ghiaie dei terrazzi rilevati, con la diversa colorazione sono indicaati gruppi di terrazzi appartenenti ai diversi subsintemi. I numeri a fianco delle linee colorate indicano l'ordine relativo ad ogni terrazzo. Modificato da: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 220 Casalecchio di Reno, fig. 9, pag.60....20
Figura 12: Carta geologica del territorio in studio dal portale cartografico del Servizio geologico sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna....21
Figura 13: Carta degli Ambienti genetici dei depositi quaternari dell'area studiata....22
Figura 14: Descrizione litologica dei terreni di copertura affioranti....23
Figura 15: Distribuzione dei depositi del substrato geologico....23

1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato è a corredo dello "studio di Microzonazione Sismica di secondo livello con analisi della Condizione Limite Locale per l'Emergenza (CLE)" del comune di Casalecchio di Reno, di cui all'Ordinanza del Capo di Dipartimento della Protezione Civile n.344/2016.

Lo studio è stato elaborato conformemente alla DGR n.2193/2015 e rimandando l'adeguamento alla DGR 630/2019 alla fase di PUG.

1.1 Finalità dello studio

La Microzonazione Sismica consiste nella "*suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale)*"; l'obiettivo di tali studi è quello di fornire uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico in modo da indirizzare le scelte della pianificazione urbanistica e, al contempo , costituire un riferimento per le scelte progettuali.

Il secondo livello di Microzonazione Sismica segue la prima fase nella quale sono stati definiti gli scenari di pericolosità sismica locale, con l'individuazione nel territorio indagato delle zone suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ….); il secondo livello di approfondimento si definisce come un'analisi semplificata della microzonazione sismica del territorio in studio basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevanti nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico viene stimata attraverso tabelle e formule.

L'utilizzo delle procedure semplificate per la quantificazione dell'amplificazione sismica è possibile solo in contesti geologici caratterizzati da un modello fisico, topografico e del sottosuolo, di tipo monodimensionale, condizione verificata, come vedremo in seguito, nel territorio indagato.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti attività:

1. raccolta ed elaborazione dei dati pregressi (col supporto dell'Amministrazione Comunale;
2. definizione del piano di indagini integrative;
3. integrazione dei rilievi geologico-tecnici di dettaglio;
4. esecuzione delle indagini integrative;
5. archiviazione dei dati e dei metadati;
6. realizzazione della Carta delle frequenze naturali dei terreni;
7. revisione della Carta geologico-tecnica (CGT) corredata dalle sezioni geologico-tecniche;
8. definizione del modello di sottosuolo finalizzato allo studio di MS;
9. revisione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS);
10. elaborazione delle sezioni sismostratigrafiche significative e inserimento dati negli abachi regionali per la definizione del secondo livello di Microzonazione Sismica;

11. realizzazione delle Carte di microzonazione sismica di livello 2, con indicazione dei fattori di amplificazione;
12. redazione della Relazione illustrativa.

1.2 Descrizione generale dell'area comunale

Il comune di Casalecchio di Reno (Codice ISTAT 037011) si colloca ad Est-SudEst del comune di Bologna, con cui confina ad est e a Nord, mentre confina a Sud con Sasso Marconi e ad Ovest con Zola Predosa. Ha un'estensione di 17,33 km^2 per una popolazione residente al 30 marzo 2018 di 36555 abitanti. Sono individuate le seguenti frazioni: Ceretolo, Croce, Eremo di Tizzano, Molino Bolsenda, Riale, San Biagio e Villa Marescalchi. Le quote vanno dai circa 42 metri s.l.m. in corrispondenza del fiume Reno ai 369 metri in località Il Monte, nei pressi del confine sud-occidentale del territorio comunale.

Il territorio che è stato oggetto di studio si colloca al passaggio geologico e geomorfologico tra la zona collinare appenninica e l'alta pianura; in termini di ambienti deposizionali, spostandoci da monte verso valle, abbiamo:

- un primo ambito caratterizzato dal corso del fiume Reno che scorre incassato nei depositi del substrato geologico marnoso-argilloso; in questo ambito si rilevano piccoli conoidi provenienti dai corsi d'acqua laterali
- un secondo ambito nel quale si ha il raccordo tra collina e alta pianura con la formazione di un ampio conoide del fiume Reno;
- un terzo ambito corrispondente al tratto distale del conoide.

1.3 Documenti di base utilizzati nello studio

Nello studio di MS di livello 2 si è utilizzato come base topografica la cartografia ufficiale della Regione Emilia Romagna

- Carta Tecnica Regionale (CTR) scala 1: 5000.

Per la ricostruzione dell'assetto geologico e tettonico delle aree e per la verifica della pericolosità geologica del territorio sono state consultate le seguenti cartografie tematiche:

- Studio microzonazione sismica di livello 1 del Comune di Casalecchio di Reno;
- Carta Geologica CARG, foglio n. 220, Casalecchio di Reno
- Portale cartografico ISPRA: http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/
- Catalogo delle faglie capaci ITHACA: http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/
- Database of individual Seismogenic Sources DISS: http://diss.rm.ingv.it/diss/
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
- Piano Stralcio PAI Autorità di Bacino Regione Abruzzo, Carta geomorfologica

Per le indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche sono state consultate:

- Indagini già archiviate nello studio MS di livello 1;

- Regione Emilia Romagna, Banca dati geognostica: https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/banca-dati-geognostica
- indagini specifiche ex-novo effettuate in questa fase.

Per i dati relativi alla pericolosità sismica del territorio si è fatto riferimento agli archivi del sito web dell'Istituto Nazionale Geofisica Vulcanologia:

- Database Macrosismico Italiano DBMI15$_{v2.0}$:
  https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/
- Catalogo parametico dei terremoti italiani CPTI15$_{v2.0}$:
  https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/
- Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-base (ISIDe):
  http://terremoti.ingv.it/iside;
- Mappe interattive di pericolosità sismica:
  http://esse1-gis.mi.ingv.it/),
- Italian Accelerometric Archive ITACA:
  http://itaca.mi.ingv.it/

Gli articoli scientifici consultati sono riportati nella bibliografia.

Nello studio di MS di livello 2 si è utilizzato come base topografica la cartografia ufficiale della Regione Emilia Romagna

- Carta Tecnica Regionale (CTR) scala 1: 5000.

Per la ricostruzione dell'assetto geologico e tettonico delle aree e per la verifica della pericolosità geologica del territorio sono state consultate le seguenti cartografie tematiche:

- Studio microzonazione sismica di livello 1 del Comune di Casalecchio di Reno;
- Carta Geologica CARG, foglio n. 220, Casalecchio di Reno
- Portale cartografico ISPRA: http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/
- Catalogo delle faglie capaci ITHACA: http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/
- Database of individual Seismogenic Sources DISS: http://diss.rm.ingv.it/diss/
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Per le indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche sono state consultate:

- Indagini già archiviate nello studio MS di livello 1;
- Regione Emilia Romagna, Banca dati geognostica:
  https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/banca-dati-geognostica
- indagini specifiche ex-novo effettuate in questa fase.

Per i dati relativi alla pericolosità sismica del territorio si è fatto riferimento agli archivi del sito web dell'Istituto Nazionale Geofisica Vulcanologia:

- Database Macrosismico Italiano DBMI15$_{v2.0}$:

  https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/

- Catalogo parametico dei terremoti italiani CPTI15$_{v2.0}$:

  https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/

- Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-base (ISIDe):

  http://terremoti.ingv.it/iside;

- Mappe interattive di pericolosità sismica:

  http://esse1-gis.mi.ingv.it/),

- Italian Accelerometric Archive ITACA:

  http://itaca.mi.ingv.it/

Gli articoli scientifici consultati sono riportati nella bibliografia.

1.4 Aree da sottoporre agli studi di MS

Lo studio ha interessato le aree urbanizzate ed urbanizzabili selezionate in accordo con l'Amministrazione comunale; per buona parte le aree così individuate si sovrappongono alle località definite dall'ISTAT; come si può vedere dalla figura 1, il perimetro microzonato comprende i centri abitati di Casalecchio di Reno e di Riale, la zona industriale Via del Lavoro ed alcune aree interessate da case sparse.

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

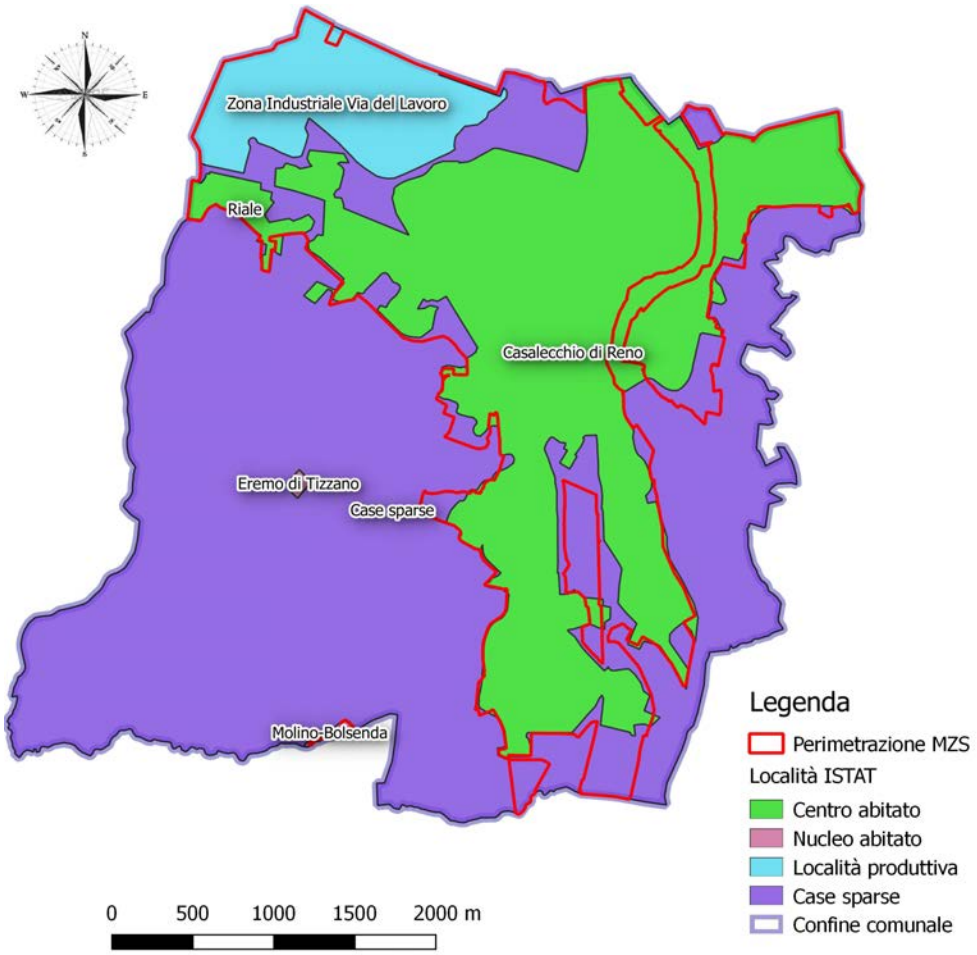


Figura 1: Località ISTAT e perimetrazione dell'area oggetto di Microzonazione Sismica

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Sismicità storica dell'area di studio

I dati di sismicità storica riguardanti l'area in esame sono stati reperiti dall'archivio **DBMI15**[1] prodotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V). L'archivio contiene dati di eventi sismici al di sopra della soglia del danno, verificatisi in Italia nel periodo 1000 - 2014.

Nella Tabella 1 sono riportati gli eventi significativi relativi alla storia sismica del territorio di Casalecchio di Reno. Per ogni evento sismico, elencato per intensità decrescente, sono riportati: il valore di intensità sismica raggiunto nel comune, il sito epicentrale e la relativa intensità sismica, e la magnitudo. Nella Figura 2 è invece riportato il grafico anno/intensità per gli stessi eventi elencati nella tabella.

Dalla tabella e dalla figura si evidenzia come l'archivio riporti unicamente terremoti recenti, successivi

[1] *Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15*

al 1929; sono inoltre assenti terremoti per i quali in comuni limitrofi a Casalecchio di Reno sono state riportate intensità significative.

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13
5-6	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
5	1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6	5.05
4	1929	04	12	00	32		Bolognese	7	4	4.82
4	1967	12	30	04	19		Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
3-4	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
3-4	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
NF	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03

Tabella 1: Principali eventi sismici registrati nel comune di Casalecchio di Reno

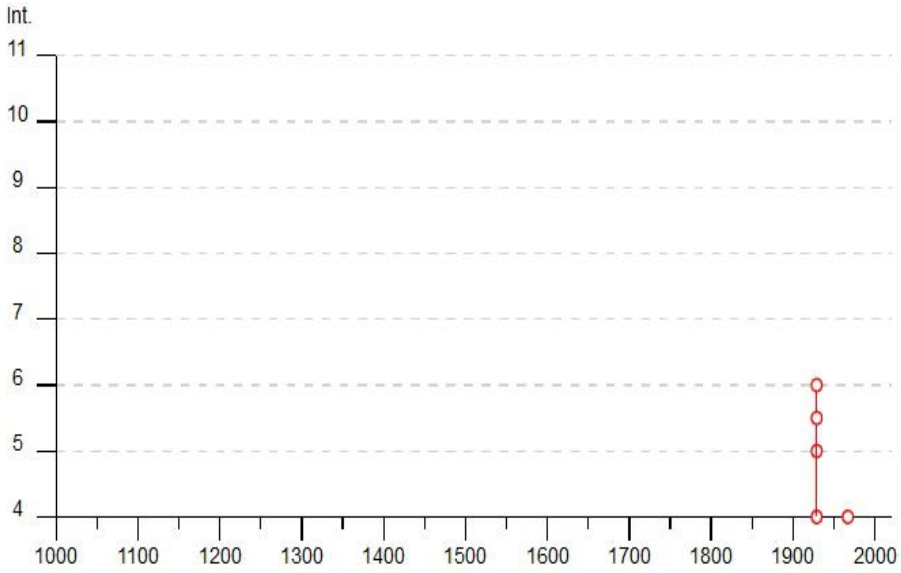


Figura 2: Grafico tempo/intensità per la storia sismica del comune di Casalecchio di Reno

Per questo motivo e per avere, quindi, un quadro più esaustivo delle sismicità storica sono stati reperiti anche i dati relativi alla stazione di Bologna, riportati anche questi in forma tabellare (tabella 2) e grafica (figura 3).

Effects	Reported earthquakes								
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8	1505	01	03	02			Bolognese	31	8	5.62
7-8	1365	07	25	18			Bologna	1	7-8	5.33
7	1433	05	04	08	05		Bologna	4	6	4.63
7	1779	06	04	07			Bolognese	12	7	5.22
7	1779	07	14	19	30		Bolognese	17		
6-7	1399	07	20	23			Appennino modenese	6	7	5.10
6-7	1455	12	20	20	45		Appennino bolognese	5	5-6	4.40
6-7	1504	12	31	04			Bolognese	15	6	5.02
6-7	1505	01	20	23	50		Bolognese	11	5-6	4.76
6-7	1779	06	10	08	35		Bolognese	10		
6-7	1780	02	06	04			Bolognese	9	6-7	5.06
6-7	1796	10	22	04			Emilia orientale	27	7	5.45

Tabella 2: Principali eventi sismici registrati nel comune di Bologna

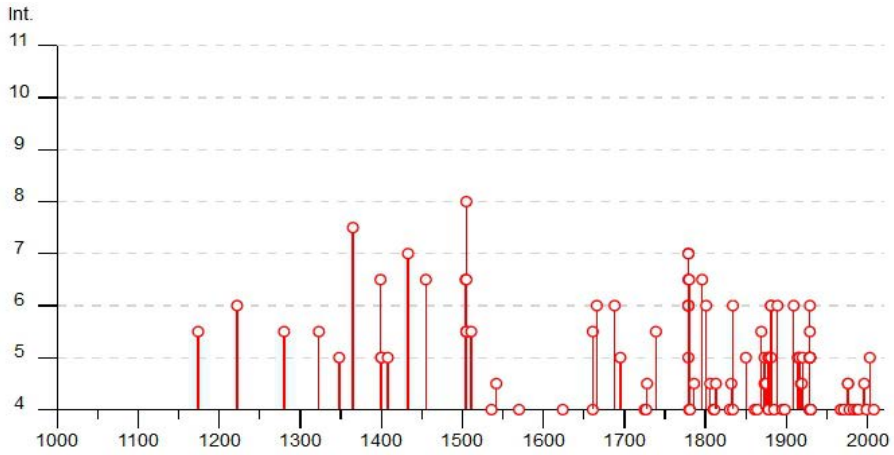


Figura 3: Grafico tempo/intensità per la storia sismica di Bologna

La storia sismica di Bologna è ovviamente molto più documentata di quella di Casalecchio di Reno, in ragione della maggiore presenza di fonti storiche data l'importanza che la città ha rivestito sin da epoca medioevale. Considerata la vicinanza tra Casalecchio di Reno e Bologna si può ragionevolmente far riferimento a quest'ultima per l'inquadramento della sismicità storica.

Data	Area epicentrale	I MCS Magnitudo	Descrizione
03/01/1505	Bologna	VII Ma=5.2	L'area interessata comprendeva Bologna e la zona pedeappenninica circonvicina
25/07/1365	Bologna	VII-VIII Ma=4.6	Le scosse sconvolsero la città di Bologna all'una di notte
20/07/1399	Modenese	VII Ma=5.1	Oltre Modena, le scosse interessarono Bologna e Ferrara
20/12/1455	Media valle del Reno	VII-VIII Ma=4.9	L'area maggiormente colpita fu quella di Bologna e delle colline della media valle del fiume Reno

20/04/1929	Bolognese	VII Ma=5.4	Le località interessate furono Ozzano dell'Emilia, Bazzano, Crespellano, Zola Predosa e Monte San Pietro
10/12/1937	Appennino modenese	VI-VII Ma=5.4	Danni concentrati nell'area epicentrale comprendente gli abitati di Pavullo nel Frignano e Villa Minozzo. Fortemente risentito a Modena (IV-V)
15/10/1996	Correggio	VII Ma=5.4	Interessato il reggiano ed il modenese, in particolare le località di Correggio e Carpi. Fortemente risentito anche nel bolognese
14/09/2003	Appennino bolognese	VII Ma=5.3	Il terremoto produce gli effetti più rilevanti nell'area compresa fra i comuni di Loiano, Monzuno, Monghidoro e San Benedetto Val di Sambro, ed è avvertito in un'area molto vasta fino a Firenze e Pisa in Toscana, nelle Marche, in Emilia Romagna, nel Veneto, in Lombardia e in Friuli Venezia Giulia. La scossa è avvertita in modo particolarmente sensibile nella città di Bologna

Fonte: Dipartimento di Protezione Civile. Sismicità dell'area emiliana.
http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/schede-tecniche/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/sismicita-dell-area-emiliana

L'evento più recente che ha interessato l'area in studio è quello del settembre 2003 con epicentro nell'Appennino Bolognese (cfr. figura 4) che ha determinato nell'area di nostro interesse risentimenti attribuiti al V grado della scala MCS.

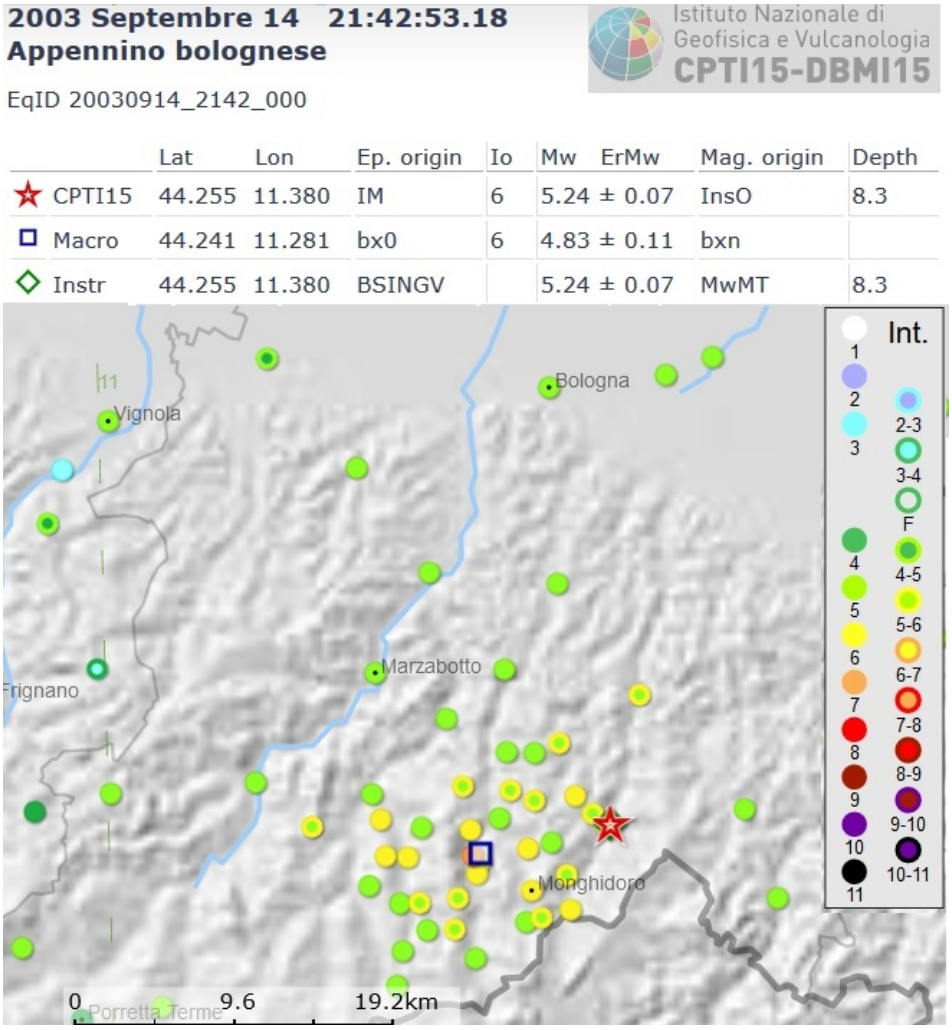


Figura 4: Caratteristiche e distribuzione delle intensità macrosismiche dell'evento del 14 settembre 2003. Fonte: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

La sequenza sismica emiliana del 2012 (20 e 28 maggio), legata alla tettonica compressiva che interessa il settore esterno dell'Appennino settentrionale, compreso il margine sepolto sotto i depositi della Pianura Padana, non ha avuto risentimenti nel territorio comunale di Casalecchio di Reno.

2.2 Forme spettrali previste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni

La sintesi dei parametri di pericolosità di base, elaborati per le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), è riportata in tabella 3 per il comune di Casalecchio di Reno. La tabella riporta indicazioni per la determinazione delle forme spettrali da utilizzare nella progettazione e fornisce un'immediata quantificazione della pericolosità di base in termini di accelerazione massima su suolo rigido (substrato affiorante orizzontale con velocità delle onde di taglio maggiore di 800 m/s).

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.054	2.484	0.257
50	0.067	2.485	0.271
72	0.078	2.489	0.277
101	0.089	2.476	0.284
140	0.102	2.465	0.286
201	0.120	2.430	0.289
475	0.165	2.388	0.308
975	0.209	2.414	0.316
2475	0.274	2.461	0.327

Tabella 3: Parametri di riferimento per le forme spettrali per diversi termpi di ritorno (T_R)

Per il territorio di Casalecchio di Reno la massima accelerazione attesa su suolo rigido è pari a **0,165g** per tempo di ritorno di 475 anni, ossia il periodo di riferimento indicato dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni per la progettazione dei normali edifici ad uso residenziale.

2.3 Mappe di pericolosità sismica

Le *Mappe di pericolosità sismica*[2] sono state elaborate allo scopo di individuare una zonazione sismica del territorio nazionale a partire da una prima *zonazione sismogenetica*; l'attuale zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (che sostituisce la precedente ZS4), è corredata, per ogni ZS, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità, determinati nella prospettiva del successivo utilizzo per le relazioni di attenuazione (figura 5).

[2]Convenzione INGV-DPC 2004-2006, Progetto S1. Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi. Disponibile al sito http://esse1-gis.mi.ingv.it/

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

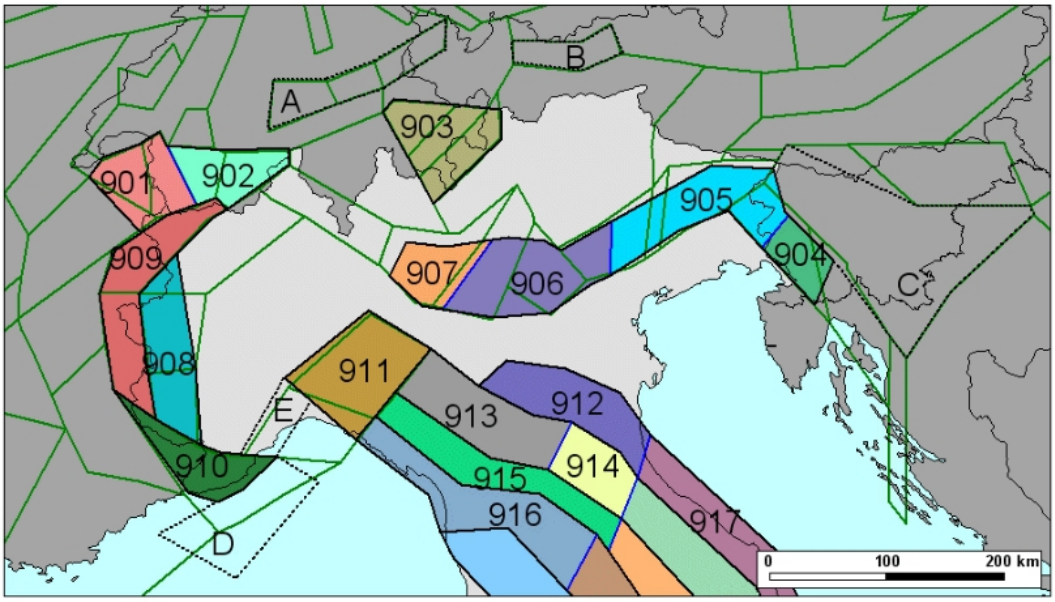


Figura 5: Zonazione sismogenetica ZS9.

Il territorio comunale di Casalecchio di Reno è localizzato nella ZS 913 in corrispondenza del limite superiore della ZS al confine con la 912. Nella ZS 913 si verificano terremoti compressivi che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo, anche se ad essa è attribuita una M_w massima pari a 6,14. La ZS 912 è legata al fronte compressivo sepolto più avanzato, a ridosso del Po.

Il successivo livello di approfondimento consente di visualizzare la distribuzione spaziale dei parametri sismici e di avere informazioni sui dati disaggregati di pericolosità sismica. La figura 6 mostra nell'immagine di sinistra la mappa dello scuotimento atteso, in termini di accelerazione, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondente ad un tempo di ritorno di 475 che costituisce il riferimento per gli studi di Microzonazione Sismica, e nell'immagine di destra il grafico del contributo percentuale alla pericolosità per coppie di valori di Magnitudo e Distanza epicentrale.

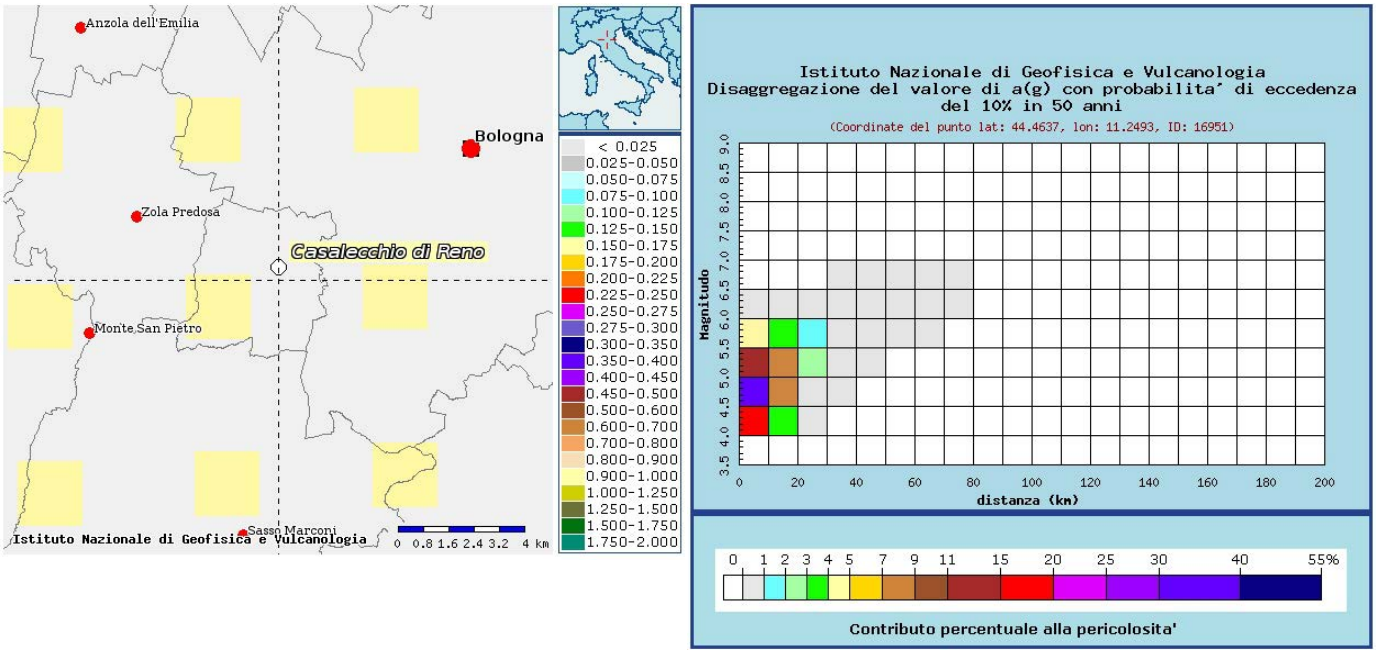


Figura 6: A sinistra: Mappa dello scuotimento atteso in termini di accelerazione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno pari a 475 anni). A destra: Grafico di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in termini di distanza epicentrale e magnitudo.

La massima probabilità di accadimento, pari al 31,9%, si ha per magnitudo compresa tra 4,5 e 5,0 e distanza epicentrale inferiore a 10km, mentre percentuali tra il 15 e il 20% si hanno per magnitudo comprese tra 4 e 4,5 e tra 5,0 e 5,5 con distanza sempre inferiore a 10 km.

2.4 Sorgenti sismogenetiche e faglie attive e capaci

In figura 7 è riportato un estratto dal sito del progetto DISS[3] per l'area di nostro interesse; in esso è riportata la sorgente sismogentica **ITCS047** che comprende al suo interno il territorio comunale di Casalecchio di Reno.

Per l'elemento individuato è ipotizzata una magnitudo massima 6,0 per profondità comprese tra 2 e 8 km; le caratteristiche generali della sorgente sono riportate in figura 8.

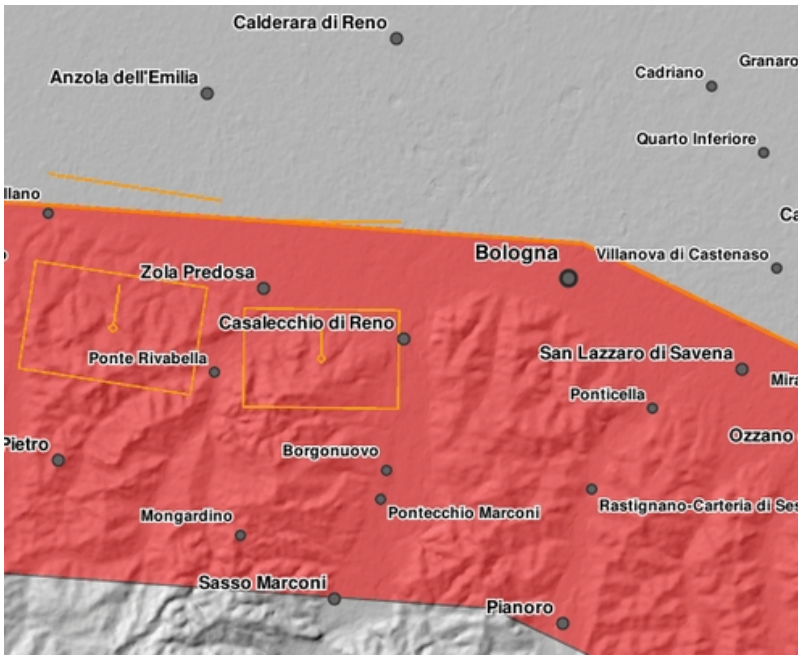


Figura 7: Sorgente sismogenetica ITCS047 censita dal DISS.

[3]Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. http://diss.rm.ingv.it/diss/

General Information

DISS–ID	ITCS047
Name	Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	25-Jun-2015
Display map ...	
Related sources	ITIS091 ITIS103

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	85...135	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.24...0.63	EJ	Inferred from geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013)
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Inferred from geological data and analysis of regional seismicity.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship;EJ=Expert Judgement;

Figura 8: Caratteristiche della sorgente sismogenetica ITCS047

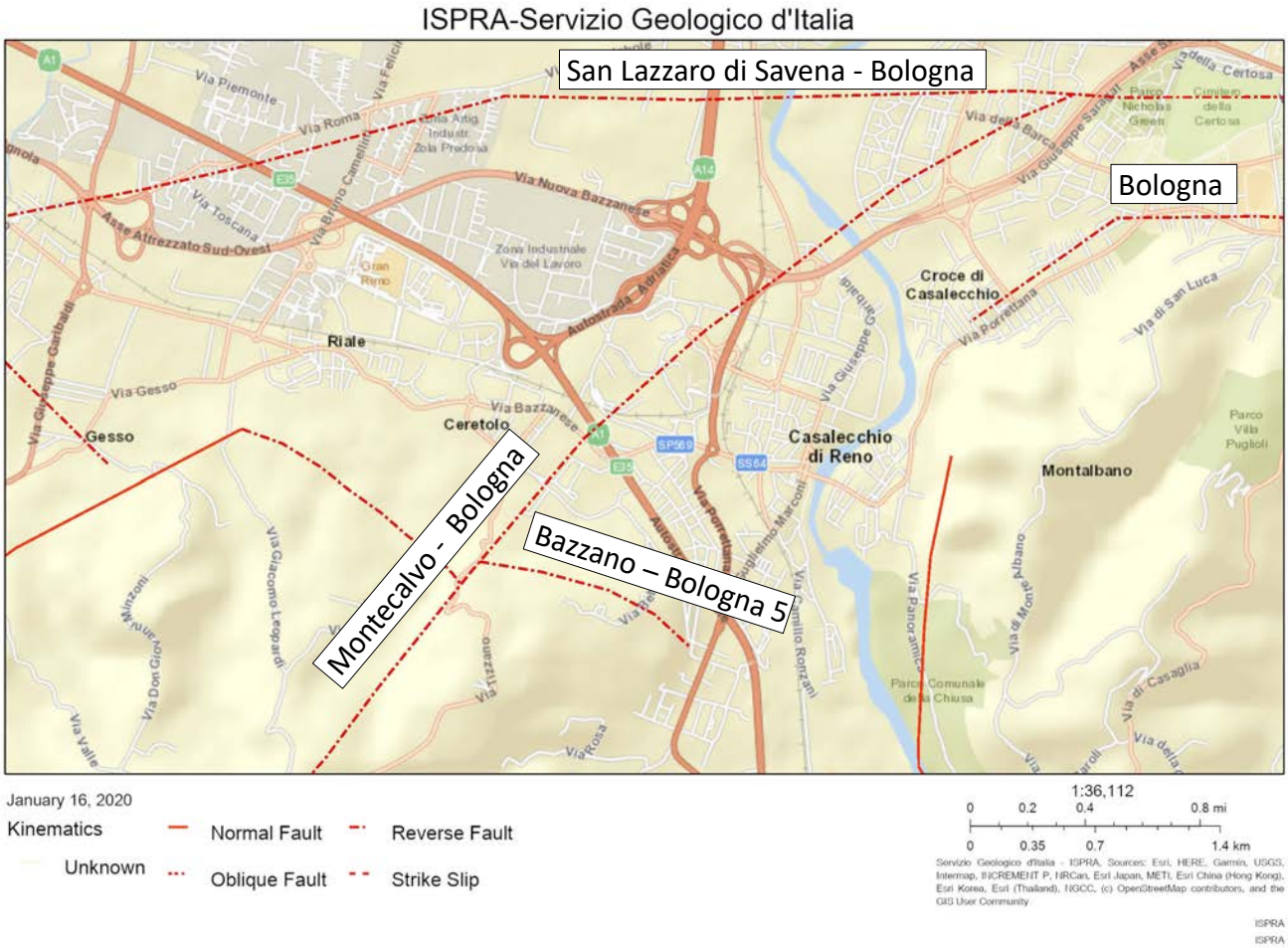


Figura 9: Stralcio della carta del progetto ITHACA estratto dal portale cartografico dell'ISPRA

Nome della faglia	Ultima attivazione	Affidabilità del dato	Massima magnitudo (M_W)
Bologna	Preistoria-Neolitico 3000÷9000 anni	Media	
San Lazzaro di Savena - Bologna	Pleistocene medio 125000÷700000 anni	Media	
Montecalvo - Bologna	Pleistocene medio 125000÷700000 anni	Media	6,0
Bazzano – Bologna 5	Pleistocene medio 125000÷700000 anni	Bassa	6,2

Tabella 4: Principali informazioni relative alle faglie individuate graficamente in figura 9

Come risulta dalla tabella l'unica faglia che ha mostrato attività in tempi recenti è la faglia denominata "*Bologna*"; si tratta di una faglia bordiera che marca il limite morfologico tra la collina e la pianura alluvionale ed interessa il territorio comunale in corrispondenza della sua porzione più orientale, circa coincidente con la via Porrettana.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento geomorfologico

Il territorio comunale di Casalecchio di Reno è ubicato al passaggio morfologico tra l'ultimo fronte collinare appenninico e la pianura Padana, in corrispondenza della piana intravalliva del fiume Reno (cfr. figura 10).

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

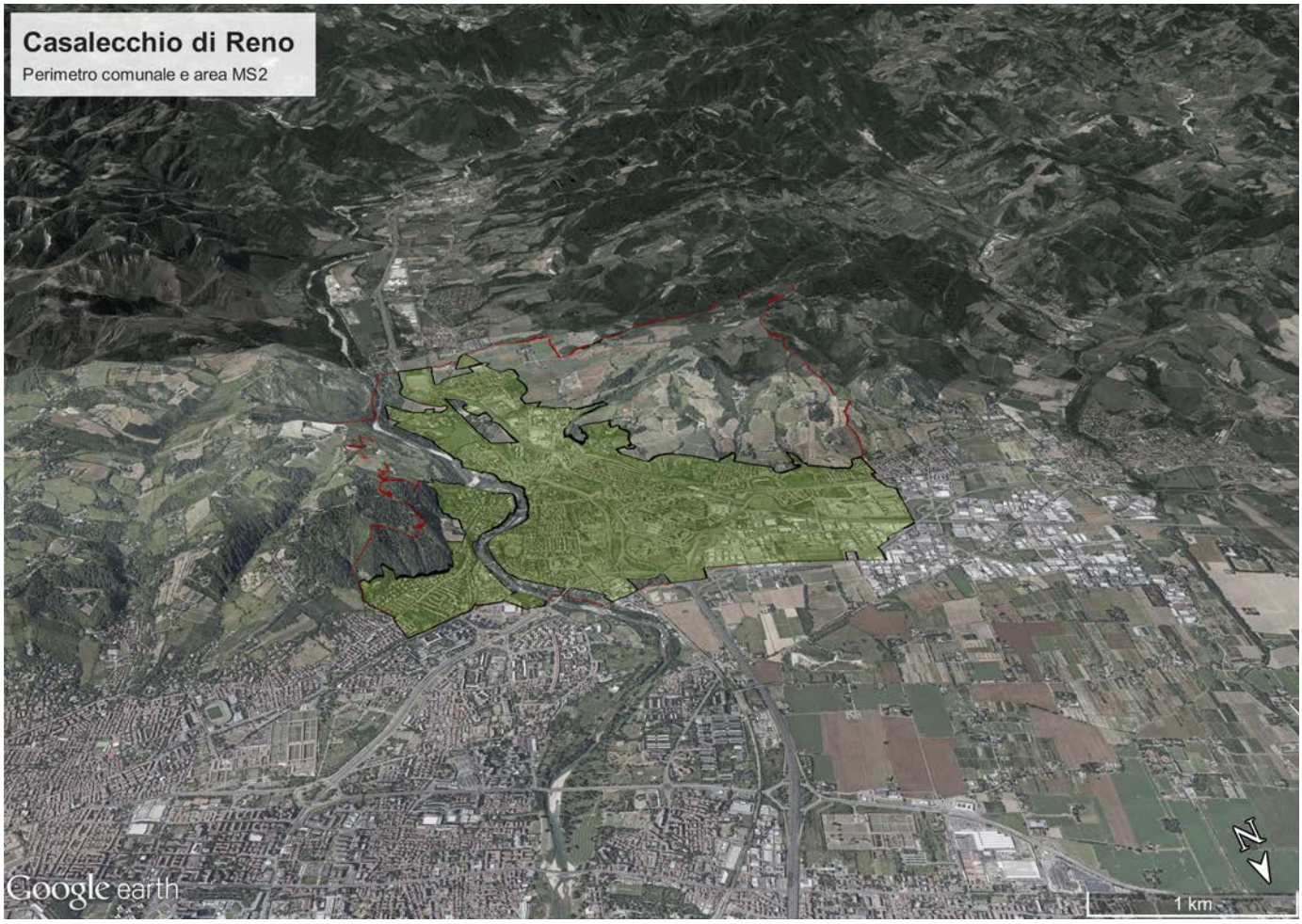


Figura 10: Vista tridimensionale, con esagerazione verticale, del territorio comunale e dell'area oggetto di studio di MS2. Fonte: Google Earth

Il territorio è caratterizzato principalmente dalla valle del Reno e dai suoi depositi, sulla quale è sviluppata la quali totalità delle aree urbanizzate. La piana intravalliva è di limitata ampiezza (al massimo un paio di chilometri), e ai suoi lati si rinvengono numerosi ordini di terrazzi alluvionali che documentano l'effetto dei fenomeni erosivo-deposizionali succedutisi nelle ultime fasi del sollevamento della catena appenninica. Allo sbocco in pianura la piana intravalliva si allarga senza soluzione di continuità nella Pianura Padana.

Non sono presenti elementi di instabilità gravitativa nel territorio analizzato.

3.2 Inquadramento geologico

Il substrato geologico affiorante e/o coperto dai depositi alluvionali quaternari è qui costituito dalle formazioni della successione epiligure, che si chiude con la deposizione evaporitica della *Formazione Gessoso Solfifera*, e continua con la successione post-evaporitica del margine padano-adriatico.

In termini formazionali si parte dai depositi arenacei di ambiente poco profondo della *Formazione di Pantano [**PAT**]* (Burdigaliano superiorie – Langhiano), i quali poggiano in discordanza angolare su depositi

di bacino relativamente profondo; si passa alle marne di scarpata e torbiditi pelitico-arenacee della *Formazione di Cigarello [**CIG**]* (Langhiano-Serravalliano) e quindi alle marne di scarpata della *Formazione del Termina [**TER**]* (Tortoniano – Messiniano); la successione si chiude con i depositi evaporitici della *Formazione Gessoso-Solfifera [**GES**]* , presente in discordanza sulle sottostanti *Marne del Termina*.

La successione post-evaporitica parte dai depositi argillosi con orizzonti calcarei, arenacei e conglomeratici, di ambiente da continentale a lagunare, della *Formazione a Colombacci [**FCO**]* (Messiniano superiore); la sequenza prosegue in discordanza con sedimenti di piattaforma e scarpata fino al Pleistocene inferiore, con i depositi della *Formazione di Monterumici [**RUM**]*, *Formazione di Monte Adone [**ADO**]* e le *Argille Azzurre [**FAA**]*, ai quali si intercalano orizzonti arenacei e depositi caotici.

L'ultimo termine della successione marina è rappresentato dalla *Formazione delle Sabbie Gialle* o *Sabbie di Imola [**IMO**]*, costituita principalmente da sabbie di ambiente litorale in discordanza sui depositi sottostanti.

Nell'area studiata il substrato geologico è costituito dai depositi della *Formazione di Pantano [**PAT**]*, costituiti da:

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Talora la parte alta degli strati arenacei è gradata e con laminazione ondulata. Localmente si intercettano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati, di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminate. La potenza è di circa 500 metri. Sedimentazione di ambiente di piattaforma. Burdigalliano sup.-Langhiano inf.

Il quaternario continentale è rappresentato nel territorio di Casalecchio di Reno dai depositi del *Sintema Emiliano Romagnolo Superiore* (AES), costituito da depositi di piana intravalliva, di conoide e di piana alluvionale. Si distinguono cinque subsintemi, numerati da 4 ad 8 (AES_{4-8}) a loro volta distinti in unità; nell'area in studio affiorano:

Subsintema di Ravenna AES_8

Ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. (Pleistocene superiore-Olocene, 14ka - attuale)

Unità di Modena AES_{8a}

Ghiaie prevalenti organizzate in due ordini di terrazzi alluvionali. Dove presente costituisce il tetto stratigrafico di AES_8. (Età post-romana, IV-VI sec. d.C. - attuale)

Subsintema di Villa Verucchio AES_7

Unità di Vignola AES_{7b}

Ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali

Unità di Niviano AES$_{7a}$,

Ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali (Pleistocene superiore).

La sintesi cartografica di quanto esposto è riportata nello stralcio cartografico di figura 12 estratto dal portale cartografico del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Rogmagna.

Le unità quaternarie dei due subsintemi individuati nell'area in studio sono state distinte in base a diversi elementi, tra i quali la posizione morfologica (quota di affioramento), l'assetto geometrico (diversa inclinazione), i caratteri della pedogenesi, l'età, etc. In figura 11, estratta dalle Note illustrative al foglio CARG 220, sono indicate in un profilo longitudinale al corso del fiume Reno, le posizioni del tetto delle ghiaie delle unità presenti; da essa si rileva la sostanziale diversità di inclinazione tra AES$_{7a}$ e AES$_{7b}$, che, oltre alla quota di affioramento, costituisce un chiaro elemento discriminante tra le due unità, mentre tra AES$_{7b}$, AES$_{8}$ e AES$_{8a}$ l'elemento discriminante è la quota.

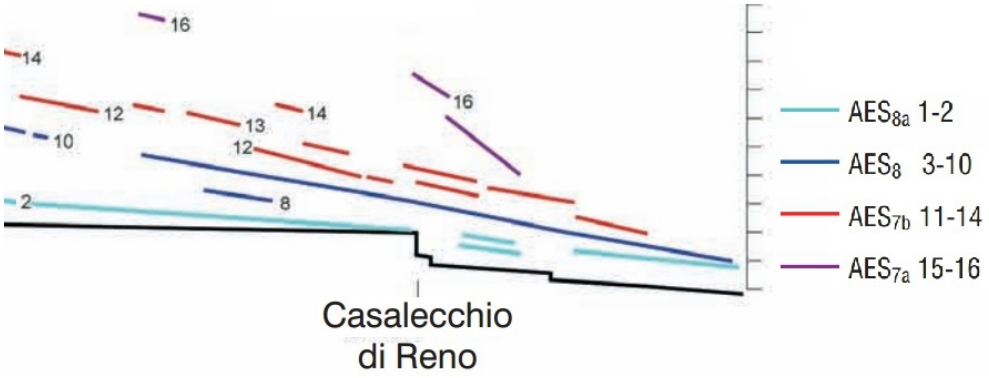


Figura 11: Profilo longitudinale di terrazzi fluviali indicante i depositi alluvionali presenti lungo la valle del F. Reno. Le linee colorate indicano il tetto delle ghiaie dei terrazzi rilevati, con la diversa colorazione sono indicaati gruppi di terrazzi appartenenti ai diversi subsintemi. I numeri a fianco delle linee colorate indicano l'ordine relativo ad ogni terrazzo. Modificato da: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 220 Casalecchio di Reno, fig. 9, pag.60.

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

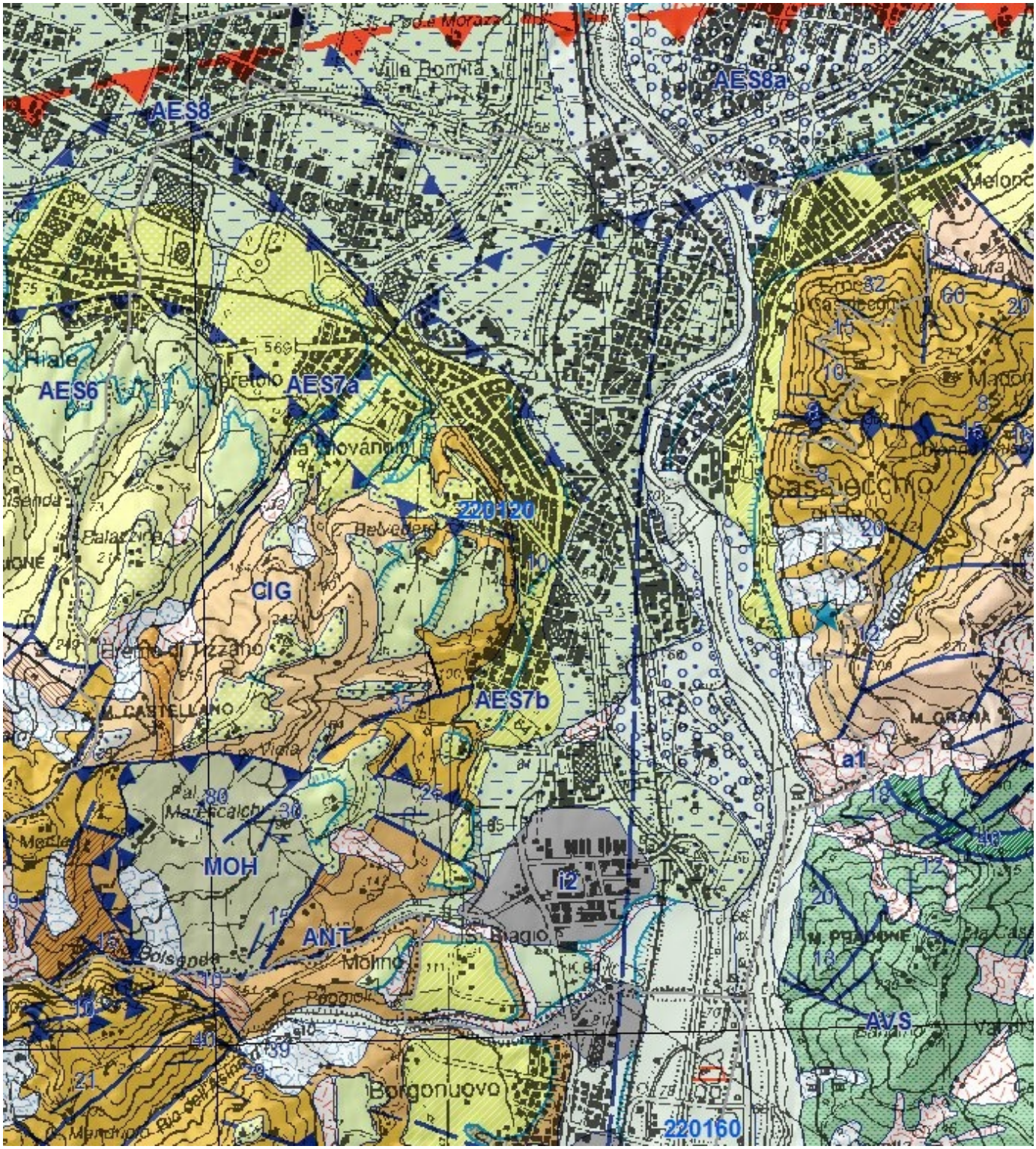


Figura 12: Carta geologica del territorio in studio dal portale cartografico del Servizio geologico sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna

Abbiamo visto dall'analisi della cartografia geologica del progetto CARG che le unità delle coperture continentali quaternarie non sono distinguibili in base alla descrizione delle caratteristiche litologiche, mentre invece sono distinguibili per caratteri morfologici, spessori e litologia affiorante, caratteri per la cui

analisi è richiesta necessariamente la disponibilità di indagini geognostiche ed un approccio analitico proprio di questa fase della Microzonazione Sismica; infatti obiettivo della carta geologico-tecnica della Microzonazione Sismica è quello di individuare ambiti omogenei per litologia affiorante e ambiente genetico. Le indagini disponibili sono quelle individuate nella carta delle indagini.

Con queste premesse, dal punto di vista dei caratteri genetico-deposizionali dei depositi continentali quaternari, nel territorio analizzato si individuano tre diversi ambiti, tutti di ambiente fluvio-lacustre; ai lati del corso attivo del fiume Reno abbiamo un ambiente di *argine/barra/canali* (***es***) che passa lateralmente ad ambienti di *terrazzo fluviale* (***tf***), mentre nella porzione settentrionale dell'area in studio rinveniamo le caratteristiche degli ambienti di piana inondabile (***pi***), coincidente con l'inizio delle prime propaggini della Pianura Padana. La figura 13 mostra la perimetrazione degli ambienti individuati.

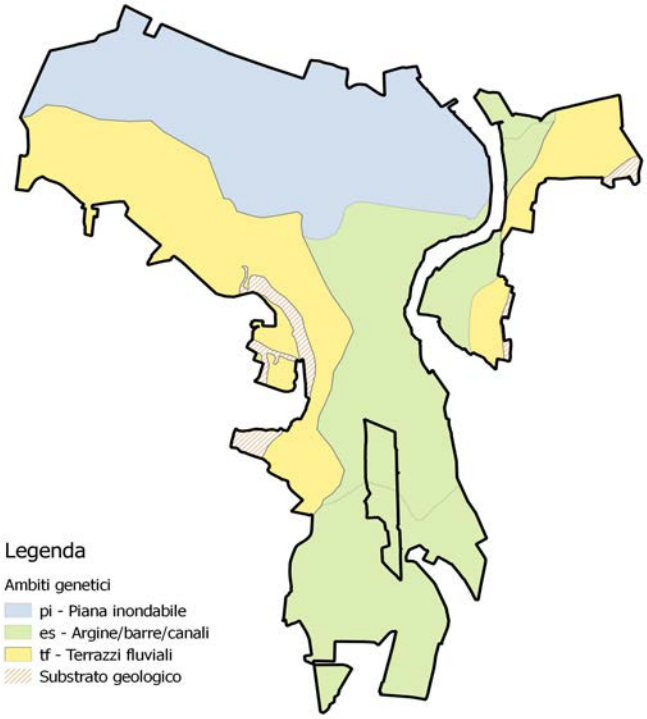


Figura 13: Carta degli Ambienti genetici dei depositi quaternari dell'area studiata

In termini di caratterizzazione litologica dei depositi affioranti, sono state individuate tre diverse associazioni, indicate graficamente in figura 14;

- **CL** Materiali prevalentemente fini costituiti da Argille inorganiche, argille ghiaiose e sabbiose e argille limose;
- **GM** Ghiaie limose, miscele di ghiaia, sabbia e limo;
- **GP** Ghiaie pulite, miscele di ghiaia e sabbia.

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

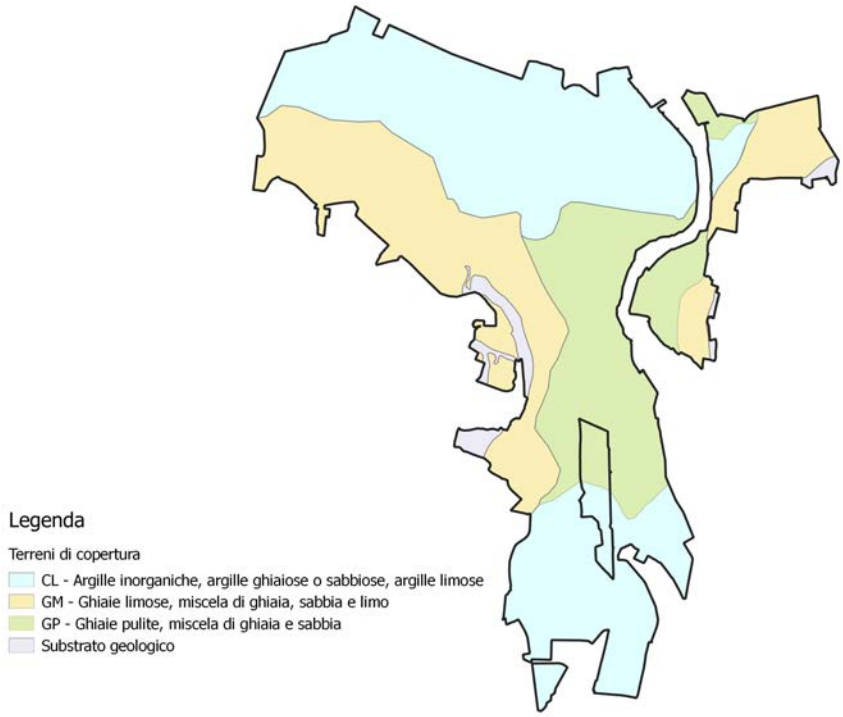


Figura 14: Descrizione litologica dei terreni di copertura affioranti

In pochi punti, marginali rispetto alla totalità dell'area indagata, affiora il substrato geologico marino, costituito unicamente dai depositi arenacei della *Formazione di Pantano*; la distribuzione geografica del substrato affiorante è riportata in figura 15.

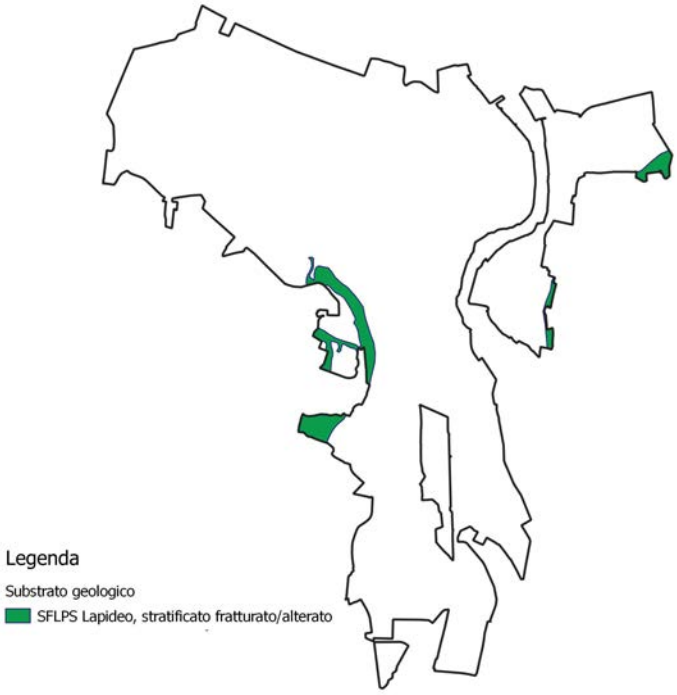


Figura 15: Distribuzione dei depositi del substrato geologico

Con riferimento alle formazioni e unità utilizzate nella cartografia del progetto CARG e alle classi litologiche e genetiche proprie della Microzonazione Sismica, si riporta di seguito la corrispondenza tra classificazione CARG e classificazione geologico-tecnica della MZS che presuppone l'attribuzione di sigle relative ai *terreni di copertura* e agli *ambienti genetico-deposizionali*:

Depositi continentali quaternari

AES7$_a$ e AES$_{7b}$ → GM tf

AES$_8$ e AES$_{8a}$ nella porzione meridionale dell'ambito n.1→ **CL es**

AES$_8$ e AES$_{8a}$ nella porzione settentrionale dell'ambito n.1→ **GP es**

AES$_8$ e AES$_{8a}$ nel limite settentrionale dell'area in studio→ **CL pi**

Depositi del substrato marino

PAT, Formazione di Pantano → **SFLPS** Lapideo, stratificato fratturato, alterato.

3.3 Inquadramento tettonico

Il margine appenninico-padano che, come già detto, è l'elemento geologico e geomorfologico caratterizzante la zona in studio, rappresenta anche il principale elemento tettonico, coincidente con la struttura più interna del Pede-Apeninic Thrust Front[5] (Boccaletti et alii, 1985), del modello a falde caratterizzato dall'impilamento di elementi tettonici.

Senza dilungarci sull'evoluzione tettonica di questo settore dell'Appennino settrentionale, ci preme soprattutto evidenziare la presenza di una tettonica recente quaternaria; la presenza ad esempio di depositi alluvionali a quote molto elevate rispetto all'alveo attuale indicano che questo settore dell'Appennino è stato interessato recentemente da importanti sollevamenti, così come evidenziato dalla presenza delle faglie attive descritte nel capitolo 2.4.

Per quanto attiene al rapporto tra i depositi alluvionali a morfologia terrazzata della zona intravalliva appenninica e i depositi alluvionali sepolti in pianura, va evidenziato il ruolo di fulcro che svolge il margine appenninico, con una parte di monte dove si ha sollevamento ed una di valle con subsidenza. Come ben evidenziato dalle note illustrative alla cartografia CARG, lungo il margine appenninico, corrispondente esattamente alla zona di snodo di Casalecchio di Reno, avviene una sorta di inversione della stratigrafia, infatti a monte del margine le unità più vecchie sono le più sollevate topograficamente, mentre le stesse unità a valle del margine sono le più profonde nel sottosuolo della pianura.

[5]Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzarotto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G. & Postpischl D. (1985) – *Considerations on the seismotectonics of the Northern Apenines*. Tectonophysics, 117: 7-38.

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Dati geotecnici

Al fine di caratterizzare dal punto di vista lito-stratigrafico e geotecnico i terreni costituenti il sottosuolo di interesse ai fini dello studio di Microzonazione Sismica, è stato necessario reperire le indagini disponibili sia presso l'Amministrazione Comunale sia nei database regionali. Le indagini, unitamente ai dati rilevati nel corso dei vari sopralluoghi ed alle analisi geologiche in s.l., hanno consentito di individuare i dati salienti necessari all'elaborazione degli abachi di MS2, in particolare tipologia, spessore e caratteristiche geomeccaniche delle coperture, tipologia e profondità del substrato geologico.

Le indagini reperite ed utilizzate sono riportate nella tabella 5.

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

Sigla	Quota p.c. (m. s.l.m.)	Prof. Max (m)	Tetto Ghiaie (prof. m.)	Tipo prova	Prc Bedrock (n
220110P612	74,3	85,4	1,2	pozzo per acqua	
220110P621	64,6	120,0	0,0	pozzo per acqua	
220110P628	63,8	120,0	20,0	pozzo per acqua	
220120P038E	61,5	15,5	4,8	sondaggio a distruzione	8,
220120P043A	69,7	15,0	0,0	sondaggio a distruzione	10,
220120P044A	60,3	10,0	0,0	sondaggio a distruzione	5,
220120P072	83,0	9,0	6,7	sondaggio a distruzione	7,
220120P036A	49,8	10,0	3,0	sondaggio a distruzione	0,
220120P036B	49,8	20,0	1,5	sondaggio a distruzione	0,
220120P036C	49,8	10,0	5,0	sondaggio a distruzione	0,
220120P036D	49,8	10,0	8,0	sondaggio a distruzione	
220120P036E	49,8	10,0	1,5	sondaggio a distruzione	0,
220120P037A	64,0	4,0	2,0	sondaggio a distruzione	3,
220120P155A	53,2	24,0	12,0	sondaggio a distruzione	14,
220120P155B	53,2	18,0	10,0	sondaggio a distruzione	14,
220120P155C	53,2	15,0	10,5	sondaggio a distruzione	12,
220120P163C	69,4	5,0	1,6	sondaggio a distruzione	3,
220120P180	100,1	9,0	0,0	sondaggio a distruzione	8,
220120P182	112,5	9,0	5,0	sondaggio a distruzione	0,
220120P183	69,8	7,5	1,1	sondaggio a distruzione	3,
220120P184	109,1	4,5	0,0	sondaggio a distruzione	3,
220120P185	71,8	7,5	2,2	sondaggio a distruzione	4,
220120P187	84,4	10,0	5,5	sondaggio a distruzione	7,
220120P406	65,8	36,0	6,0	carotaggio continuo	
220120P408	54,6	11,7	6,5	carotaggio continuo	0,
220120P415	60,7	15,0	0,1	carotaggio continuo	2,
220120P417	61,9	15,0	3,2	carotaggio continuo	4,
220120P418	59,5	16,0	2,7	carotaggio continuo	3,
220120P420	54,3	30,0	2,5	carotaggio continuo	8,
220120P421	55,1	16,0	5,3	carotaggio continuo	7,
220120P422	55,4	36,0	0,0	carotaggio continuo	8,
220120P423	57,3	15,0	4,9	carotaggio continuo	5,
220120P501	61,4	20,0	3,3	carotaggio continuo	5,
220120P503	62,6	20,0	5,3	carotaggio continuo	7,
220120P504	63,8	20,0	4,9	carotaggio continuo	9,
220120P505	65,7	20,0	7,0	carotaggio continuo	8,
220120P506	66,4	20,0	8,0	carotaggio continuo	10,
220120P507	67,8	20,0	2,1	carotaggio continuo	5,
220120P508	74,3	20,0	3,0	carotaggio continuo	4,
220120P509	71,4	15,0	10,9	carotaggio continuo	
220120P510	71,5	20,0	1,5	carotaggio continuo	5,
220120P604	55,2	99,9	60,3	pozzo per acqua	
220120P613	71,6	9,0	4,9	pozzo per acqua	7,
220120P615	52,5	97,0	0,5	pozzo per acqua	
220120P616	68,2	16,1	2,0	pozzo per acqua	11,
220120P618	88,0	24,0	23,0	pozzo per acqua	
220120P619	59,3	92,0	10,0	pozzo per acqua	
220120P620	60,2	78,7	22,0	pozzo per acqua	
220120P622	58,8	54,0	10,0	pozzo per acqua	
220120P625	60,7	70,0	49,0	pozzo per acqua	
220120P626	62,5	79,0	20,0	pozzo per acqua	
220120P627	59,2	85,0	1,2	pozzo per acqua	
220120P628	61,5	46,0	6,0	pozzo per acqua	
220120P629	58,5	72,0	15,0	pozzo per acqua	
220120P630	58,1	33,0	0,0	pozzo per acqua	
220120P632	50,7	98,0	36,0	pozzo per acqua	
220120P633	59,9	360,0	25,0	pozzo per acqua	80,
220120P649	58,1	118,0	7,0	pozzo per acqua	
220120P650A	61,0	90,0	17,0	pozzo per acqua	
220120P650B	61,0	130,3	29,0	pozzo per acqua	
220120P651	60,6	137,5	27,5	pozzo per acqua	
220120P653	58,4	117,5	2,0	pozzo per acqua	
220120P4004	51,3	60,0	4,7	carotaggio continuo	
220120P4005	52,1	30,0	4,6	carotaggio continuo	
220120P4006	51,9	30,0	4,3	carotaggio continuo	
220120P4008	50,9	5,0	0,0	carotaggio continuo	
220120P436	52,8	30,0	4,6	carotaggio continuo	
220120P438	51,3	30,0	4,7	carotaggio continuo	
220120P4027	53,1	15,0	6,5	carotaggio continuo	

Tabella 5: Indagini reperite ed utilizzate nello studio

4.2 Dati geofisici

Per caratterizzare da un punto di vista geofisico i terreni presenti e per avere conferma e/o chiarire dubbi in merito allo spessore delle coperture, è stata effettuata una campagna di registrazioni di sismica passiva a stazione singola (HVSR) costituita da 29 punti di misura e 2 MASW acquisite da lavori precedenti.

4.2.1 Indagini HVSR

Le prove HVSR sono state ubicate con il criterio di ottenere una quanto più possibile omogenea copertura territoriale in relazione alle tipologie di terreni affioranti.

Per le registrazioni è stato utilizzato uno strumento acquisitore denominato TROMINO® dotato di tre sensori velocimetrici elettrodinamici, orientai N-S, E-W e U-D, e permette la registrazione nel campo di frequenze 0-200Hz.

In sintesi, dopo che il segnale dei tre velocimetri è stato acquisito, per un determinato tempo t, e digitalizzato a 24 bit, viene trasmesso ad un software dedicato, denominato Grilla il quale, per ciascuna delle 3 componenti del moto, esegue le seguenti operazioni:

1. divisione del tracciato in finestre la cui lunghezza è immessa dall'operatore;
2. depurazione del segnale dal trend di ciascuna finestra;
3. “taper” con una finestra di Bartlett;
4. “pad” di ciascuna finestra con degli zero;
5. calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
6. calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
7. smoothing (lisciamento) dello spettro di ogni finestra secondo differenti funzioni la cui scelta viene definita dall'operatore;
8. calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli HVSR di ciascuna finestra e nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura; il metodo si basa sulla misura del rumore sismico

ambientale, il quale risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10 -15 m/s^2 in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

I metodi che si basano sull'acquisizione dei microtremori si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come avviene invece nel caso della sismica attiva (esplosioni).

Le misure di rumore ambientale vengono anche utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (Vs), come in questo caso. Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

Nel caso ideale di un sottosuolo formato da due soli strati (la copertura (1) ed il bedrock (2)), separati da una superficie orizzontale e distinguibili per un diverso valore di impedenza sismica, ovvero per differenti densità e/o velocità delle onde sismiche, un'onda che viaggia nel mezzo (1) viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze di oscillazione (condizione di risonanza), quando la sua lunghezza d'onda λ è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (fr) della copertura (mezzo (1)), relativa alle onde P è pari a:

$$\mathbf{fr_P = VP1 / (4\ h)}$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$\mathbf{fr_S = VS1 / (4\ h)}$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati alle varie profondità. Questo, insieme ad una stima degli spessori degli strati, che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sulle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Le registrazioni HVSR sono sintetizzate in un report finale che per ogni misura riporta:

- Ora di inizion e fine registrazione, frequenza di campionamento, ecc
- Grafico H/V
- Grafico Time history del rapporto H/V
- Grafico direzionalità del rapporto H/V
- Grafico delle singole componenti spettrali
- Sovrapposizione della curva sperimentale alla curva H/V e istogramma *Velocità onde di taglio/Profondità*
- Corrispondenza della misura effettuata alle indicazioni del progetto SESAME (Site EffectS assessment usig Ambient Excitations).

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

L'analisi delle caratteristiche geologiche s.l. è stata finalizzata all'elaborazione di un modello del sottosuolo direttamente applicabile agli scopi della MS2, e quindi alla definizione delle sismostratigrafie di ingresso negli abachi regionali contenuti nell'Allegato A2 della DGR n.2193/2015.

Come ampiamente descritto nei capitoli di inquadramento il territorio studiato è costituito essenzialmente da depositi quaternari riferibili al fiume Reno e subordinatamente da depositi del substrato geologico con velocità delle onde di taglio inferiori agli 800 m/s.

I depositi del fiume Reno sono riconducibili a depositi alluvionali del corso attuale e depositi alluvionali a morfologia terrazzata. Litologicamente sono prevalenti i depositi granulari grossolani, costituiti da ghiaie e da ghiaie in matrice sabbiosa e limosa; subordinatamente si rilevano depositi fini, argilloso-limosi con intercalazioni ghiaiose.

Utilizzando i riferimenti della citata recente DGR, nel territorio oggetto di microzonazione possiamo discretizzare i seguenti ambiti geologici e quindi sismostratigrafici:

Zona appenninica, individuata nella porzione intravalliva del territorio in studio e nei versanti nei quali affiorano i depositi alluvionali terrazzati o il substrato geologico;

Zona di margine, individuata nel tratto di territorio di raccordo tra le ultime propaggini della zona intravalliva del fiume Reno e la pianura padana.

Facendo riferimento agli ambiti genetici illustrati nella figura 13 a pagina 20, possiamo così associarli alle zone definite dalla DGR n.2193/2015:

Substrato geologico → Zona appenninica – Substrato non rigido
Argine/barre/canali (**es**) → Zona appenninica – Coperture su substrato non rigido
Terrazzi fluviali (**tf**) → Zona appenninica – Coperture su substrato non rigido
Piana inondabile (**pi**) → Zona di margine – Margine di tipo B

6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

6.1 Premessa

Lo studio di microzonazione sismica è stato realizzato attraverso le seguenti fasi:

1. Analisi ragionata delle caratteristiche geologiche e geofisiche del territorio finalizzata all'individuazione di aree omogenee dal punto di vista della risposta sismica attesa, ossia l'approfondimento di analisi proprio del livello 1 di Microzonazione Sismica, con la definizione di Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS);

2. Determinazione quantitativa, attraverso una procedura semplificata, dei fattori amplificazione del moto sismico per caratteristiche stratigrafiche (II° livello di approfondimento).

6.2 Metodologia di elaborazione

Le metodologie utilizzate e i risultati ottenuti vengono qui sinteticamente decritti per i due livelli di microzonazione sismica realizzati nel comparto in studio del comune di Casalecchio di Reno (I e II livello di microzonazione). Nel successivo capitolo (“Elaborati cartografici”) i risultati saranno dettagliati e spiegati per ogni singolo prodotto realizzato nello studio.

6.3 I° Livello di Microzonazione

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ., sono state individuate e delimitate, all'interno dell'area di studio, le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica e i livelli di approfondimento che competono a d ognuna di esse.

Dall'analisi dei dati sono state individuate sei ***zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*** a comportamento sismico omogeneo.

Zona 1: Argille e argille sabbiose (7-8 m) - Ghiaie pulite (2 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 2: Ghiaie limose (3-8 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 3: Ghiaie pulite (3-12 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 4: Argille e argille sabbiose (12 m) - Ghiaie pulite (3 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 5: Alternanze di argille e argille sabbiose con Ghiaie limose per spessori maggiori di 30 m

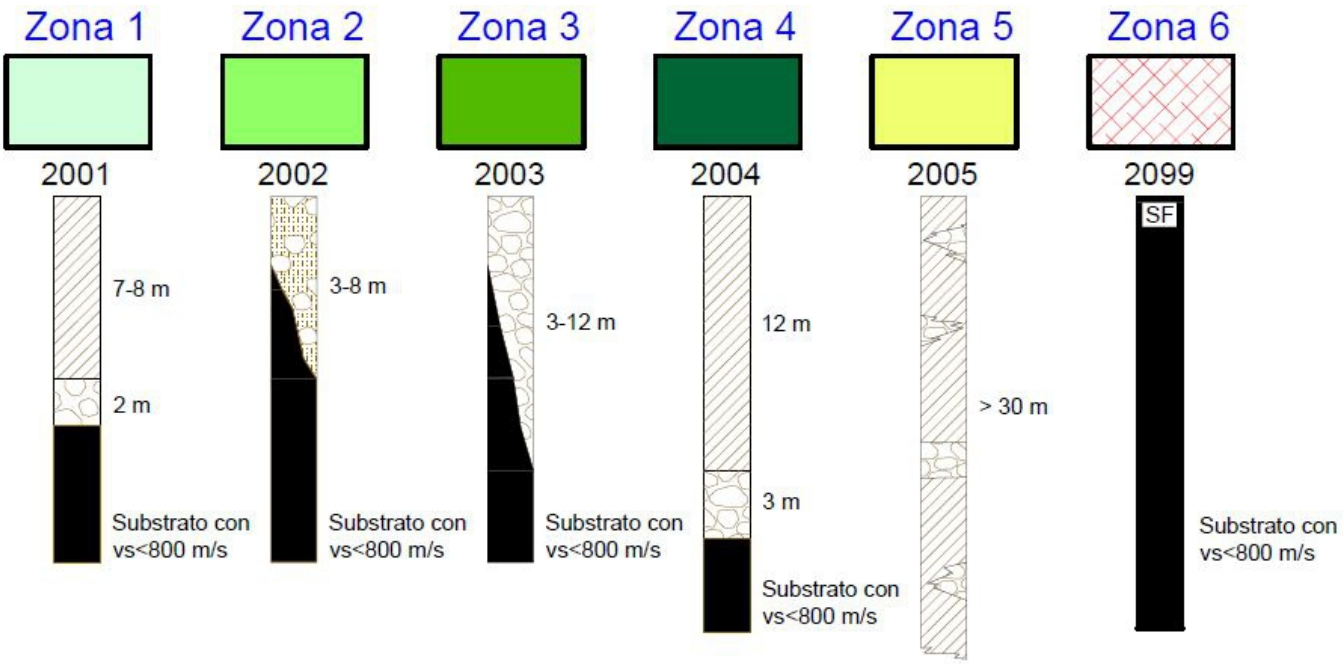
Zona 6: Substrato geologico lapideo stratificato fratturato con Vs<800 m/s

Le corrispondenti colonne litostratigrafiche sono riportate nella figura seguente.

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it



Informazioni sul substrato

SFLPS Substrato geologico lapideo stratificato fratturato/alterato

Litologia dei terreni di copertura

GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia

GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

6.4 II° Livello di Microzonazione

Dall'analisi dei dati ottenuti e sulla base delle indagini sismiche passive realizzate è stato possibile quantificare i fattori amplificativi. Tali fattori sono tre per l'area in studio, in termini di massima accelerazione al suolo (PGA) che di intensità di Housner (SI suddivisa in due distinti periodi T di riferimento SI1: $0.1<T_0<0.5$ s; SI2: $0.5<T_0<1.0$ s) secondo l'approccio proposto dalla Regione Emilia-Romagna.

APPENNINO. Le tabelle relative al settore appenninico sono il riferimento per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna. Possono essere applicate anche nelle aree di pianura prossime al margine morfologico appenninico-padano dove le coperture detritiche continentali hanno spessore indicativamente non superiore a 50 metri.

In caso di **coperture su substrato non rigido**, vale a dire caratterizzato da Vs << 800 m/s, si devono usare le seguenti tabelle:

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s)

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s)

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SA2** (0,4s≤T≤0,8s)

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI2** (0,5s≤T≤1,0s)

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA3** (0,7s≤T≤1,1s)

In caso di **substrato marino non rigido**. Cioè caratterizzato da Vs << 800m/s, affiorante o subaffiorante (copertura di spessore inferiore a 3 metri) si devono usare le seguenti tabelle:

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
PGA					1,9	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SA1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1
SA2					1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3
SA3					1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2

Fattori di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s), **SA2** (0,4s≤T≤0,8s), **SA3** (0,7s≤T≤1,1s)

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SI1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
SI2					1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s), **SI2** (0,5s≤T≤1,0s)

MARGINE. Settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura, o la costa, caratterizzato da terreni alluvionali prevalentemente fini (argille, limi, sabbie) sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine o transizionali pleistoceniche (Sabbie Gialle) o dalla successione pelitica plio-pleistocenica (Argille Azzurre); il tetto del substrato geologico è a profondità indicativamente comprese tra 50 e 100 metri; questo settore è suddiviso in:

Margine di tipo A: Caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 metri, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di Vs media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi.

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,1	1,8	1,5		
10	2,3	2,2	2,0	1,8		
15	2,1	2,1	2,0	1,8		
20	2,1	2,1	2,0	1,9		
25	2,0	2,0	2,0	1,9		
30	1,9	1,9	1,9	1,9		

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,0	1,7	1,5		
10	2,5	2,3	2,0	1,8		
15	2,4	2,4	2,1	1,9		
20	2,3	2,3	2,1	2,0		
25	2,2	2,2	2,1	2,0		
30	2,0	2,0	2,0	1,9		

Fattore di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s)

Vs_H (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,2	1,9	1,7	1,6		
10	2,6	2,4	2,0	1,8		
15	2,6	2,5	2,2	1,9		
20	2,5	2,5	2,3	2,0		
25	2,3	2,3	2,2	2,1		
30	2,1	2,1	2,1	2,0		

Fattore di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,9	1,7	1,7	1,6		
10	2,7	2,2	1,9	1,8		
15	3,3	2,9	2,3	2,0		
20	3,4	3,1	2,6	2,2		
25	3,3	3,2	2,8	2,4		
30	3,1	3,1	2,8	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA2**(0,4s≤T≤0,8s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,8	1,7	1,6	1,6		
10	2,3	2,0	1,8	1,7		
15	3,2	2,6	2,1	2,0		
20	3,5	3,1	2,5	2,1		
25	3,7	3,4	2,8	2,4		
30	3,6	3,5	3,0	2,6		

Fattore di Amplificazione **SI2** (0,5s≤T≤1,0s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,6	1,6	1,6	1,6		
10	2,0	1,8	1,7	1,7		
15	2,9	2,3	2,0	1,9		
20	3,4	2,8	2,3	2,0		
25	3,9	3,4	2,7	2,3		
30	3,8	3,6	3,0	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA3** (0,7s≤T≤1,1s)

Margine di tipo B: Caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 metri; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini:

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fat.Amp **SA1** (0,1s≤T≤0,5s) **SA2** (0,4s≤T≤0,8s) **SA3** (0,7s≤T≤1,1s) **SA4** (0,5s≤T≤1,5s)

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s) **SI2** (0,5s≤T≤1,0s), **SI3** (0,5s≤T≤1,5s)

Le analisi dei dati raccolti hanno permesso di definire gli spessori dei depositi di copertura e/o delle profondità del substrato rigido (H) oltre che di definire le velocità equivalenti delle onde di taglio per lo spessore considerato (VsH) dei depositi di copertura secondo le formule di seguito riportate:

$$Vs_H = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} h_i / Vs_i}$$

Sono state quindi prodotte tre carte nelle quali il territorio è stato suddiviso in isoaree sulla base delle classi di amplificazione come indicato nelle linee guide per la Microzonazione Sismica.

7 ELABORATI CARTOGRAFICI

Carta delle Indagini

Le 62 indagini geotecniche e geofisiche complessivamente utilizzate per questo studio sono descritte nel Capitolo 4. Tutte le prove utilizzate sono rappresentate nella Carta delle Indagini, riportata in allegato ed archiviate nel database associato. La carta e il database sono stati realizzati secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica versione 4.1.

Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

La denominazione delle litologie descritte nella carta geologico-tecnica è stata resa armonica con la legenda della Carta Geologica Regionale dell'Emilia-Romagna, che è stata utilizzata come cartografia di base per le successive elaborazioni. I risultati riportati nelle cartografie derivano dai rilevamenti diretti effettuati nel corso del rilevamento geologico e morfologico e dalla elaborazione e interpretazione del dataset geognostico e geofisico.
Secondo gli standard di rappresentazione di riferimento i terreni di copertura e il substrato geologico sono stati catalogati come segue:

Terreni di copertura

GM-tf: Ghiaie limose miscela di ghiaia, sabbia e limo di terrazzo fluviale;

GP-es: Ghiaie pulite, miscela di ghiaia e sabbia di ambiente Argine/barre/canali;

CL-es: Argille inorganiche di media-bassa plasticità di ambiente Argine/barre/canali;

CL-pi: Argille inorganiche di media-bassa plasticità di ambiente di Piana inondabile.

Substrato geologico

SFLPS: Substrato lapideo stratificato fratturato o alterato

Come descritto negli standard sono stati inseriti nella cartografia i sondaggi che hanno raggiunto il substrato geologico con relativa indicazione della quota.

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Come descritto precedentemente, sono state individuate sei zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

Zona 1: Argille e argille sabbiose (7-8 m) - Ghiaie pulite (2 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 2: Ghiaie limose (3-8 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 3: Ghiaie pulite (3-12 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 4: Argille e argille sabbiose (12 m) - Ghiaie pulite (3 m) - Substrato Lapideo Stratificato fratturato

Zona 5: Alternanze di argille e argille sabbiose con Ghiaie limose per spessori maggiori di 30 m

Zona 6: Substrato geologico lapideo stratificato fratturato con Vs<800 m/s

dott. geol. Luca MONTI
Piazza Giovanni XXIII n.12/B, 40133 Bologna (BO)
tel. 051 9912225
lucamonti@ultraland,it

dott. geol. Paolo DI MARCANTONIO
Via Campania 8/B, 65122 Pescara (PE)
tel. 085 8676708, fax 085 2309534
dimarcantonio@esaprogetti.com

dott. Ing..Gianluca CALZINI
Via Carlo Iussi n.38, 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
tel. 051 463550, fax 051 460546
info@studiocpiut.it

Nella carta sono stati inseriti i punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f0.

Carte di microzonazione sismica (livello 2) – (FPGA) – (FH 0,1-0,5 s) – (FH 0,5-1,0 s)

Sono state prodotte tre distinte carte, ognuna delle quali associata ad uno specifico fattore di amplificazione

dott. Luca Monti
GEOLOGO

