



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO I E II

Relazione

Regione Emilia – Romagna

Comune di **Bellaria – Igea Marina**



Regione	Soggetto realizzatore	Data
	<p>GEOLOGI ASSOCIATI <i>Dr. Demetrio Bastianelli - Dr. Flavio Carlini</i></p> <hr/> <p>47843 Misano Adriatico (RN) - Via Repubblica, 75 Tel./Fax 0541 610614 C.F e P.IVA 04042090409</p>	<p>Settembre 2013</p>

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	2
2. INQUADRAMENTO GENERALE DEL TERRITORIO	4
3. ASPETTI GEOLOGICI DEL TERRITORIO	6
3.1 Geologia	6
3.2 Geomorfologia	8
3.3 Modello geologico del sottosuolo – Stratigrafia	10
4. ANALISI DI APPROFONDIMENTO DI I° LIVELLO	14
4.1 Elementi di sismicità locale	14
4.2 Analisi di I° livello	16
4.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	17
5. ANALISI DI APPROFONDIMENTO DI II° LIVELLO	19
5.1 Fattori di amplificazione secondo i criteri ICMS 2008	24
5.2 Fattori di amplificazione secondo i criteri della Regione Emilia-Romagna	26
6. III° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	31
7. CONDIZIONI LIMITE DI EMERGENZA (CLE)	38

1. INTRODUZIONE

Viste le richieste di contributi per gli studi di Microzonazione sismica di cui all'**OPCM 4007/2012** e il **Decreto del 16/03/2012** del capo Dipartimento della Protezione Civile, il **COMUNE** di **BELLARIA – IGEA MARINA** in Provincia di Rimini (codice E52J12000050006), è stato inserito tra i comuni che svolgono studi di I e II livello, con locali approfondimento di III.

Per la conoscenza del territorio comunale si è fatto riferimento dapprima a vari strumenti di pianificazione territoriale esistenti:

- *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) approvato nell' Agosto 2008*
- *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca (PAI) – Delibera n° 2 del 30/03/2004 – Variante 2008, che comprende il territorio comunale di Bellaria-Igea Marina;*
- *APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici)-Dipartimento Difesa del Suolo. Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 – Foglio 256 "Rimini"*
- *Cartografia geologica del Piano Strutturale comunale*

Nell'ambito dello studio geologico per il Piano Strutturale è stata effettuata un'analisi geomorfologica di dettaglio con l'ausilio della fotointerpretazione su serie multitemporali di foto aeree a cui si fa riferimento per la descrizione geomorfologica del territorio oggetto di studio. I fotogrammi aerei utilizzati per l'analisi fotointerpretativa sono: anno 1954 (Volo Gai b/n scala 1:35.000 circa), anno 1976 (RER, colore scala 1:13.000 circa) 1985 (R.E.R b/n scala 1:35.000), anno 1994 (Volo Italia b/n, scala 1:75.000 circa).

Lo studio svolto è stato rappresentato negli elaborati cartografici di seguito elencati:

- Carta delle indagini
- Carta Geologico – Tecnica
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica locale
- Carta delle frequenze
- Carta delle Vs
- Carta di Microzonazione sismica di livello 2 – Fattori di amplificazione (Fa)

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

- Carta di Microzonazione sismica di livello 2 – Fattori di amplificazione (Fv)
- Carta di Microzonazione sismica di livello 2 – Fattori di amplificazione R.E.R. (Fa P.G.A.)
- Carta di Microzonazione sismica di livello 2 – Fattori di amplificazione / Intensità spettrale R.E.R. $0.1s < T_0 < 0.5s$
- Carta di Microzonazione sismica di livello 2 – Fattori di amplificazione / Intensità spettrale R.E.R. $0.5s < T_0 < 1.0s$

La base cartografica tecnica e' rappresentata dalla C.T.R. della Provincia di Rimini in formato Raster.

Gli elaborati prodotti sono stati gestiti in ambiente GIS e trasferiti in formato PDF per le divulgazione e la consultazione.

Nel proseguo della presente relazione saranno descritti gli elaborati nelle linee principali di rappresentazione cartografica e dei temi trattati. Gli elaborati sono stati riprodotti alla scala 1:10.000 per quanto non diversamente specificato nell'elenco seguente.

2. INQUADRAMENTO GENERALE DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Bellaria-Igea Marina ha un'estensione di 18,30 km² e confina a Nord ed ad Ovest con il Comune di S. Mauro Pascoli (Provincia di Forlì-Cesena), ad Est con il Mare Adriatico, a Sud con il Comune di Rimini. Il corso del Fiume Uso divide il comune nelle due località principali: Igea Marina a Sud e Bellaria a Nord.

Il territorio è interamente pianeggiante, la quota più elevata è di 14/15 m s.l.m. e si registra nella porzione sud-occidentale verso l'alveo del Fiume Uso (località Donegaglia), a confine con il comune di Rimini.

I terreni in affioramento sul territorio, sono ascrivibili a depositi alluvionali continentali mentre a valle della paleofalesia costiera sono presenti depositi di origine fluvio-marina fino alla spiaggia attuale.

La scarpata della paleofalesia, benché modellata dalle lavorazioni agricole, è ancora ben evidente nella porzione sud del territorio comunale, ove si può seguire facilmente dallo Scolo Pedrera Grande sino in prossimità del Fiume Uso.

Il dislivello tra i terreni alluvionali ed i sottostanti depositi costieri, si aggira sui 6/7 m in prossimità dello Scolo Pedrera Grande, riducendosi progressivamente a 4/5 m in corrispondenza del Rio Pircio, a 2.5 m all'altezza di Viale Orazio per annullarsi quasi completamente in prossimità dell'alveo del fiume Uso.

Complessivamente i depositi costieri si estendono per una superficie di circa 5,5 Km² (30% della superficie totale), i depositi alluvionali per circa 12,8 Km² (70% della superficie totale). Le indagini svolte dall'Università di Modena e confermate da ritrovamenti e prove in sito attestano infine la presenza di un cordone litorale a ridosso della paleofalesia a profondità di circa 2.5 metri dal piano campagna; i cordoni sono costituiti essenzialmente da tritume conchigliare e sabbie più compatte.

Il territorio comunale di Bellaria-Igea Marina è compreso, dal punto di vista cartografico nella cartografia CTR (Carta Tecnica Regionale) nelle sezioni alla scala 1:10.000 n. 256060 Igea Marina, 256020 Villamarina e 256070 Torre Pedrera.

Per quanto attiene alla cartografia IGMI alla scala 1:25000 il territorio comunale è compreso nella tavoletta Bellaria III NO aggiornata al 1948. Quest'ultima è particolarmente utile per la

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

determinazione del reticolato idrografico non ancora mascherato o cancellato dall'espansione urbanistica soprattutto nella zona costiera.

Figurano inoltre cartografati gli "staggi" litoranei posti tra lo Scolo Pedrera Grande ed il Rio Pircio compresi tra la linea ferroviaria Rimini-Ravenna e la paleofalesia costiera.

Lungo la spiaggia figurano inoltre rappresentati i "tomboli litoranei" residui dei sistemi di dune costiere cartografate lungo il tratto di spiaggia compreso tra le foci dello Scolo Pedrera Grande ed il Rio Pircio . Tali tomboli litoranei occupano nel tratto l'intera spiaggia nella prima stesura della tavoletta Bellaria del 1894.

3. ASPETTI GEOLOGICI DEL TERRITORIO

3.1 Geologia

Per la geologia del territorio in esame si è fatto riferimento al foglio della carta geologica pubblicata nell'anno 2005, nell'ambito della redazione della nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, da parte del Dipartimento Difesa del Suolo e del Servizio Geologico d'Italia, Foglio 256 "Rimini", (Progetto CARG) che comprende l'intero territorio comunale di Bellaria-Igea Marina.

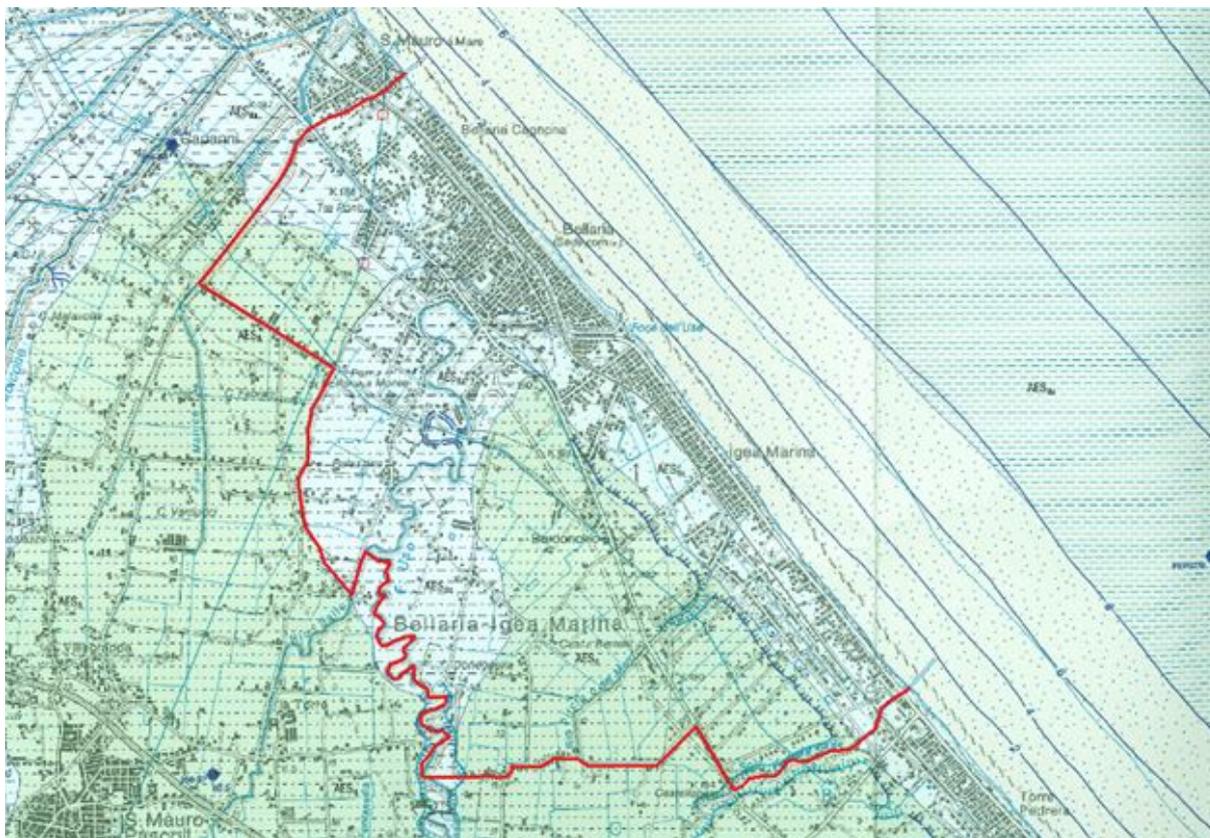


FIG. 1 – CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG

I depositi quaternari delle piane intravallive, della Pianura Padana e del Mare Adriatico sono stati distinti in *unità stratigrafiche a limiti inconformi* (UBSU: supersintemi, sintemi), ovvero corpi sedimentari compresi tra superfici di discontinuità quali erosioni o lacune stratigrafiche. Ciascuna UBSU comprende, al suo interno, sedimenti di ambiente deposizionale a litologie diverse.

Il **Supersistema Emiliano-Romagnolo** raggruppa tutti i depositi quaternari alluvionali (e parzialmente, marini) che poggiano in discordanza sui depositi marini del Gruppo del Santerno e

IMO (sabbie di Imola). Comprende il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) e il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI).

Le Unità cartografate nel territorio in esame, partendo dai depositi più recenti a quelli più antichi, sono:

AES8 - SUBSINTEMA DI RAVENNA

Subsintema sommitale del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

In affioramento: depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del F. Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (10YR, 2,5Y), spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7.

Nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale ben drenata con suoli calcarei e non calcarei al tetto. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale e geometria nastriforme; lungo la fascia costiera passano con contatto netto ed erosivo a sabbie litorali. Limite inferiore nel sottosuolo dato dal contatto netto tra i depositi fini, scuri, generalmente palustri, di base unità con i depositi grossolani di canale e argine fluviale di AES7.

Subsintema contenente un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore max di 20-25 metri.

Età: Pleistocene sup.-Olocene (c.a 12.000 anni BP – attuale; datazione ¹⁴C non. cal. e biostratigrafica).

AES8a -UNITA' DI MODENA

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma.

Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura.

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore max 3-4 m..

Età: post-romana (IV-VI sec. d.C.-Attuale; datazione archeologica).

3.2 Geomorfologia

I principali aspetti geomorfologici del territorio in esame, illustrati nella **Carta geologico-tecnica**, (vedi FIG. 2 sottoriportata) sono i seguenti:

1. Orlo di scarpata morfologica (comprendente prevalentemente la paleofalesia costiera).
2. Orlo di terrazzo fluviale.
3. Aree scavate/ritombate.

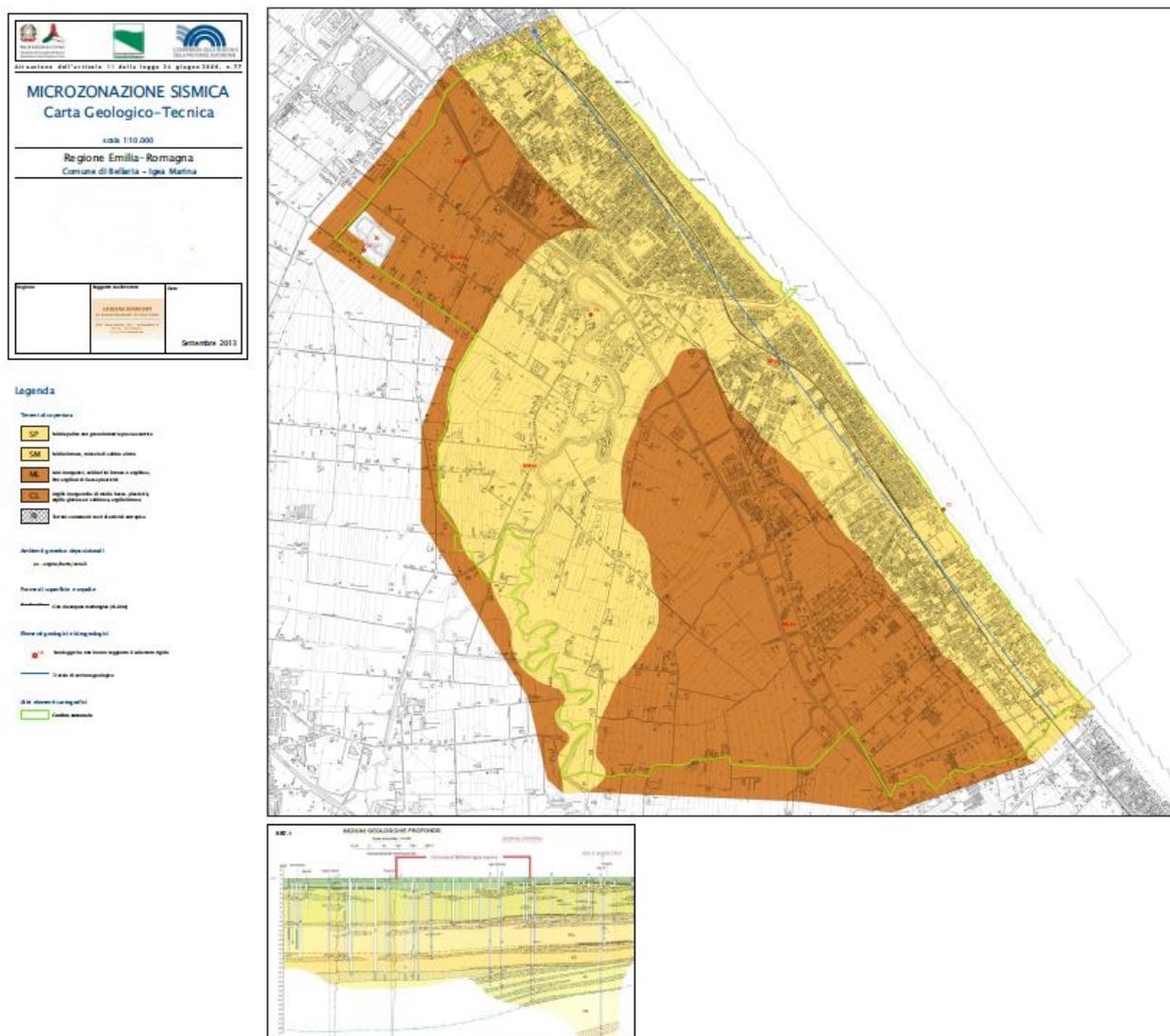


FIG. 2 – CARTA GEOLOGICO-TECNICA

1 – Orlo di scarpata morfologica

La paleofalesia costiera costituisce l'elemento morfologico più evidente del territorio comunale. Essa è particolarmente evidente a sud del fiume Uso sino a al cimitero di Rimini. Secondo molti AA la falesia costiera si è venuta formando durante il periodo di "optimum climatico postglaciale" (ottimo climatico neolitico quando il mare Adriatico raggiunse il suo livello di massimo stazionamento, attorno ai quattro metri al di sopra di quello attuale, circa 6.000 anni fa (trasgressione flandriana o versiliana); secondo altri, tale ripa di erosione viene attribuita alla fase romana (periodo di clima caldo compreso tra il 300 a.C. e il 400 d.C.).

Non è da escludere che reincisioni della falesia costiera siano intervenute anche successivamente: in particolare durante il periodo di ottimo climatico tardo medievale (750-1.150 anni fa).

Ne consegue che la fascia litorale compresa tra la falesia morta e la costa doveva essere rappresentata sino in epoca recentissima, da ambienti paludosi di tipo lagunare.

Le dune litorali ostacolavano lo sbocco a mare dei corsi d'acqua presenti in zona, le cui acque tendevano a ristagnare nelle depressioni retrodunali.

Traccia di allineamenti dunosi sono ancora evidenti, nella zona compresa tra il Rio Pircio e lo Scolo Pedrera Grande, nella tavoletta IGMI (III NO Bellaria) del 1894; tali allineamenti sono quasi completamente scomparsi nel successivo aggiornamento del 1948 della stessa tavoletta.

Le medesime tavolette evidenziano la presenza di numerose sorgenti poste alla base della paleofalesia (dovute alla troncatura di vecchi tracciati fluviali) così come la presenza di numerosi "staggi" (aree periodicamente allagate) coincidenti presumibilmente con le depressioni retrodunali.

La scarpata, benché modellata dalle lavorazioni agricole, è ancora ben evidente nella porzione sud del territorio comunale ove si può seguire facilmente dallo Scolo Pedrera Grande sino in prossimità del Fiume Uso.

Il dislivello tra i terreni alluvionali ed i sottostanti depositi costieri si aggira sui 6/7 m in prossimità dello Scolo Pedrera Grande, riducendosi progressivamente a 4/5 m in corrispondenza del Rio Pircio, a 2.5 m all'altezza di Viale Orazio per annullarsi quasi completamente in prossimità dell'alveo del fiume Uso.

2 - Orlo di terrazzo fluviale

I più evidenti sono quelli prodotti dall'incisione del Rio Pircio e dello Solo Pedrera Grande nel loro tratto terminale a seguito del salto morfologico della falesia costiera.

Anche il Fiume Uso presenta delle scarpate fluviali evidenti però solo all'altezza della località Donegaglia.

3 - Aree scavate/ritombate

Alcune di queste sono oggi occupate da laghi o specchi d'acqua, altre sono state completamente ritombate e non più visibili. E' però importante segnalarne la presenza.

La maggiore area di escavazione è senza dubbio quella connessa con la Vecchia Fornace posta in adiacenza all'alveo del fiume Uso (in riva destra) a monte della Superstrada Rimini-Ravenna.

Senza dubbio il maggior riporto antropico è quello connesso con la discarica posta al limite nord-ovest del territorio comunale (in adiacenza alla Fossa Matrice e Vicinale Matrice).

3.3 Modello geologico del sottosuolo - stratigrafia

La geomorfologia condiziona le caratteristiche geologico-stratigrafiche del territorio in esame che possono essere contraddistinte in due grandi ambiti:

1. **A valle della paleofalesia costiera (ambito di costa):** trattasi di un'area subpianeggiante, tipica delle zone sabbioso-ghiaiose costiere, con leggere pendenze verso mare; questo è il territorio emerso dopo la regressione marina verificatasi a partire da 6.000 anni fa, a seguito delle fluttuazioni eustatiche-climatiche. I depositi sono stati formati, dal punto di vista sedimentario, durante i cicli di trasgressione e regressione marina ed in particolare durante la fase deposizionale olocenica. Tale territorio è costituito generalmente da sabbie da poco a mediamente addensate per uno spessore variabile da 7 a 9 metri, seguito da limi argillosi da poco a mediamente consistenti di natura continentale.
2. **A monte della paleofalesia costiera (ambito di retro-falesia):** ambiti di conoide fluvio-torrentizia con prevalenza di limi argillosi da poco a mediamente consistenti con rari livelli ghiaiosi aventi spessori massimi di circa 6 m. In tali ambiti si possono riscontrare litotipi misti sabbioso-limosi e limoso argillosi, mentre maggiori

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

concentrazioni di termini ghiaiosi (anche a pochi metri dal piano campagna) si riscontrano in particolare, in corrispondenza dei paleoalvei.

Il substrato formazionale nell'area risulta profondo oltre i 270 metri, come si può osservare nella seguente sezione tratta dalla Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000.

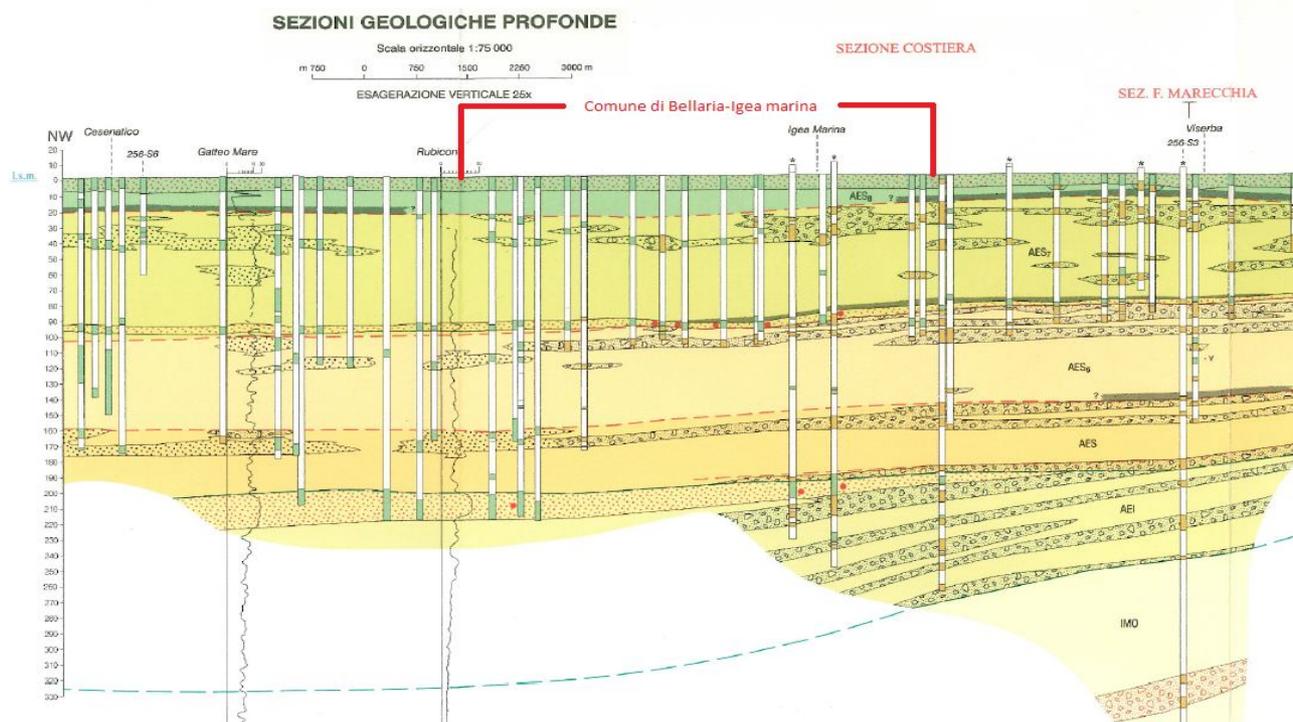


FIG. 3 – SEZIONE GEOLOGICA PROFONDA – SEZIONE COSTIERA

I due grandi raggruppamenti geologico-stratigrafici sopra descritti, possono essere analizzati dal punto di vista dei litotipi presenti e della successione stratigrafica, attraverso l'analisi dei tabulati litostratigrafici disponibili. Sono state dunque reperite le più significative indagini geognostiche, derivanti da:

- campagna geognostica eseguita per il vigente PRG comunale variante 1995 e integrazioni successive, messi a disposizione dal Comune di Bellaria - Igea Marina;
- banca dati delle indagini geognostiche del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna;
- banca dati provinciale delle indagini sismiche finalizzate agli studi di caratterizzazione del rischio sismico locale;
- sezioni stratigrafiche e geologiche del sistema informativo regionale del S.G.S.S.;

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

- prove geognostiche in possesso di questo Studio Associato.

I sondaggi e le prove CPT hanno raggiunto profondità comprese mediamente tra 12 e 120 m p.c. I tabulati di tali prove sono stati archiviati e restituiti su Database.

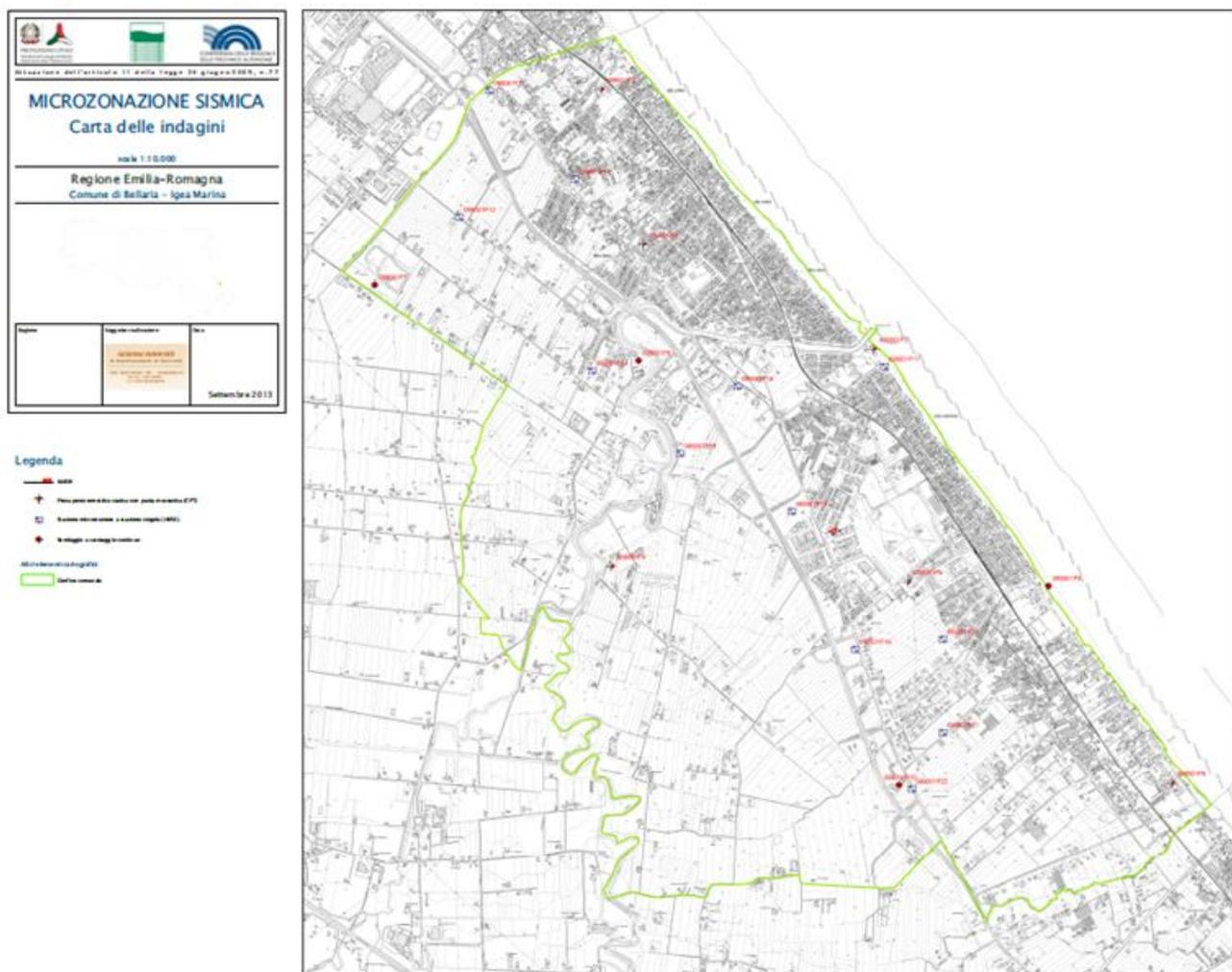


FIG. 4 – CARTA DELLE INDAGINI

1. **Stratigrafia dell'area a valle della paleofalesia costiera (ambito di costa)** - in tale ambito deposizionale sopradescritto negli aspetti generali, si può distinguere mediamente la seguente successione stratigrafica:

LIV.	PROF. m. p.c.	LITOLOGIA
A	0.0-1/1.5	Terreno superficiale eterogeneo

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

B	1/1.5 - 8/9.0	Depositi costituiti da sabbie medie o medio fini, talora debolmente limose, mediamente addensate. Presenza, a luoghi, di ghiaietto e resti organogeni.
C	8/9.0- 50.0	Prevalenza di depositi limoso argillosi e/o argilloso-limosi debolmente sabbiosi, a consistenza media o medio bassa talora con intercalazioni di torba, in alternanza a ghiaia grossolana in matrice sabbiosa medio-fine.

Nota: nella parte Sud del territorio vi è la presenza di banchi di ghiaia sotto le sabbie superficiali.

2. **Stratigrafia dell'area a monte della paleofalesia costiera (ambito di retro falesia)** - in tale ambito deposizionale sopradescritto negli aspetti generali, si può distinguere mediamente la seguente successione stratigrafica:

LIV.	PROF. m. p.c.	LITOLOGIA
A	0.0-1/1.5	Terreno superficiale eterogeneo.
B 1	1/1.5 - 20.0/30.0	Limi argillosi e/o argille limose leggermente sabbiose a consistenza medio bassa nei primi 10 m. circa e medio alta a profondità superiori.
C	20/30.0- 120	Alternanza di depositi limoso argillosi e/o argilloso-limosi debolmente sabbiosi, talora con intercalazioni di torba, con ghiaia grossolana in matrice sabbiosa medio-fine.

I depositi quaternari delle piane intravallive e del mare Adriatico appartengono al Subsistema di Ravenna (AES8) e all'Unità di Modena (AES8a); pertanto si è assunto, per quanto riguarda la sigla per la definizione degli ambienti genetico e posizionali la dicitura "Ambiente fluvio-lacustre Argini/barre/canali: es).

4 ANALISI DI APPROFONDIMENTO DI I° LIVELLO

4.1 Elementi di sismicità locale

Il territorio comunale di Bellaria - Igea Marina é classificato, ai sensi del O.P.C.M. 3274/2003, recepita dalla Regione Emilia-Romagna con la DGR 1677/2005, sismico di grado 2 con accelerazione massima orizzontale al suolo $a_{\text{gref}}=0,182$, così come riportato nell'allegato dell'Atto di Indirizzo per Studi di Microzonazione Sismica alla D.G.R. 112/2007.

In riferimento al rischio sismico trattato dal PTCP della Provincia di Rimini che definisce le linee generali in relazione alla L.R. 19/08, nello specifico il territorio comunale viene caratterizzato, alla macroscale 1:25000 e 1:50000, da porzioni nelle quali gli effetti locali della sismicità si esplicano per caratteristiche stratigrafiche e porzioni dove la presenza di terreni sciolti superficiali (sabbie costiere, dalla paleofalesia al mare), propende per una potenziale liquefacibilità per eventi sismici di magnitudo 5.5/6.

La sismicità si concentra soprattutto nei primi 35 km di profondità, lungo strutture che interessano il basamento. Ciò è in accordo con l'assetto generale dell'Appennino romagnolo che mostra una generale geometria ad anticlinale. Tale strutturazione sembra dovuta ad accavallamenti lungo superfici, orientate circa WNW-ESE e vergenti verso NNE, che hanno coinvolto il basamento.

I meccanismi focali disponibili indicano che le deformazioni di queste strutture sono prevalentemente di tipo compressivo e transpressivo (Boccaletti et al., 2004).

Le strutture sismogenetiche sembrano collegarsi verso la superficie alle strutture di sovrascorrimento dell'Appennino romagnolo (Farabegoli et al., 1990; Cerrina Feroni et al., 2002), del pedeappennino (Pedeapenninic Thrust Front di Boccaletti et al., 1985) e alle Pieghe Romagnole (Pieri & Groppi, 1981).

Nella stessa zona sono presenti anche terremoti più superficiali con meccanismi focali distensivi probabilmente legati all'attività di strutture estensionali al di sopra dell'anticlinale profonda.

Il territorio comunale di Bellaria-Igea Marina risente anche della sismicità delle zone sismo-genetiche limitrofe quali il margine appenninico della Provincia di Forlì-Cesena, il riminese e l'alto Adriatico (zona 917 della ZS9), dove in passato si sono verificati terremoti con magnitudo stimata anche 6. Le attività sismiche dell'alto Adriatico e del riminese sembrano legate alle Pieghe Adriatiche (Pieri & Groppi, 1981).

Com'è noto, le particolari situazioni locali, quali il grado e il tipo di insediamento urbano, l'assetto morfologico dei luoghi e la natura geologico-tecnica dei terreni, condizionano in maniera non trascurabile gli effetti di un sisma. In particolare, la pericolosità sismica risulta connessa a due fattori:

- il primo, che definisce la pericolosità sismica di base, è correlato all'energia del terremoto e alla distanza dalle zone sorgenti (ipocentri) ed è quantificabile, ad esempio, dall'accelerazione al suolo massima attesa per una data area e un certo periodo di ritorno, determinabili grazie alla storia sismica dei luoghi; infatti, considerando che i mutamenti geologici avvengono in tempi dell'ordine dei milioni di anni, la sismicità storica, che copre un arco di tempo dell'ordine di alcune centinaia fino a poche migliaia di anni, è considerata rappresentativa anche della sismicità attuale in quanto le strutture sismo-genetiche che hanno generato terremoti nel recente passato sono da considerarsi geologicamente ancora attive.
- il secondo fattore, che definisce la pericolosità sismica locale, è rappresentato dalle condizioni morfologiche e litostratigrafiche del sito che possono modificare il moto sismico in superficie; in particolari condizioni geologiche, in caso di amplificazioni del moto sismico, si possono avere anche effetti permanenti di deformazione del territorio (fenomeni di liquefazione, cedimenti, etc.). L'amplificazione del moto e gli effetti di deformazione permanenti sono noti come "effetti locali".

Le principali condizioni geo-morfologiche che possono determinare "effetti locali" in Emilia-Romagna sono note (vedi ad esempio l'Allegato A1 degli indirizzi regionali per la microzonazione sismica, Delibera dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007) e possono essere individuate con un'attenta analisi della cartografia geologica e topografica, da cui è possibile derivare mappe della pericolosità sismica locale.

4.2 Analisi di I° livello

Secondo l'OPCM 3274/2003 ed il D.M. 14 gennaio 2008 recante "Approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni", per i Comuni classificati sismici sono richiesti specifici studi per la valutazione della risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. La risposta a tale esigenza, ovvero la definizione di criteri omogenei e riconosciuti per le analisi e le verifiche per la specificazione degli elementi di pericolosità sismica del territorio, sono state formulate nella Deliberazione di Assemblea Legislativa n. 112/2007 "Approvazione dell'Atto di Indirizzo e Coordinamento Tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 – *"Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio, in merito a - Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*.

L'approvazione, da parte dell'Assemblea legislativa regionale, di tale atto di indirizzo ha fornito pertanto criteri uniformi a livello regionale per la valutazione della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio.

La conoscenza della pericolosità sismica potenziale del territorio consente alla pianificazione di evitare l'insorgenza di nuovi rischi attraverso la localizzazione degli interventi e delle opere da questa previste in aree esposte a minor pericolo.

Si ricorda che gli elementi che concorrono alla definizione della pericolosità, ai fini della determinazione del rischio sismico, dipendono:

- dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti; questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base";
- dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (cedimenti, fenomeni di liquefazione); questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica locale" o "effetti locali". Gli approfondimenti richiesti dall'atto di indirizzo e coordinamento regionale consentono di definire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio, così da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da una minore pericolosità sismica. Gli studi della pericolosità sismica, di base e locale, hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine (analisi della risposta sismica locale);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (microzonazione sismica).

Per la definizione degli studi di Risposta Sismica Locale (RSL) e di Microzonazione Sismica (MZS) la Delibera 112/2007 individua un percorso metodologico che identifica due distinte e successive fasi:

- **I fase:** definisce gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè identifica le parti di territorio suscettibili di effetti locali e il tipo di effetti attesi (amplificazione, cedimenti, ecc.); per ogni scenario di pericolosità vengono definite le successive indagini di approfondimento (vedi II fase);
- **II fase:** permette la valutazione della risposta sismica locale e la microzonazione sismica del territorio indagato.

Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico e stratigrafico descritte ai capitoli 3 e 4, hanno permesso di redarre la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica locale, dove sono state accorpate le varie unità litostratigrafiche sulla base delle caratteristiche litologiche. Essa pertanto definisce le zone omogenee in termini di risposta sismica locale.

4.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica locale

Nel territorio comunale di Bellaria – Igea Marina possono essere dunque individuate le due seguenti zone omogenee di risposta sismica locale:

Zone instabili (liquefazione).

Trattasi di aree con presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili (vedi descrizione litostratigrafica paragrafo 3.3).

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

Zone suscettibili di amplificazioni locali (Zona 1).

Trattasi di aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche (vedi descrizione litostratigrafica paragrafo 3.3).

In questa carta, rispetto alla carta geologica-tecnica sono state accorpate in un'unica zona le litologie SM, ML, CL e RI (discarica in rilevato) in quanto in base alle litologie riscontrate dalle stratigrafie delle prove statiche/dinamiche e dai sondaggi geognostici reperiti sia all'interno della banca dati del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna che alle prove eseguite per il vigente PRG comunale variante 1995 e integrazioni successive si evidenziano terreni coesivi ed in particolar modo argille limose e/o limi argillosi con debole percentuale di sabbia (come si evince anche dalla colonna stratigrafica riportata al punto 2. di pag. 13).

Pertanto risultano “Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per caratteristiche stratigrafiche.

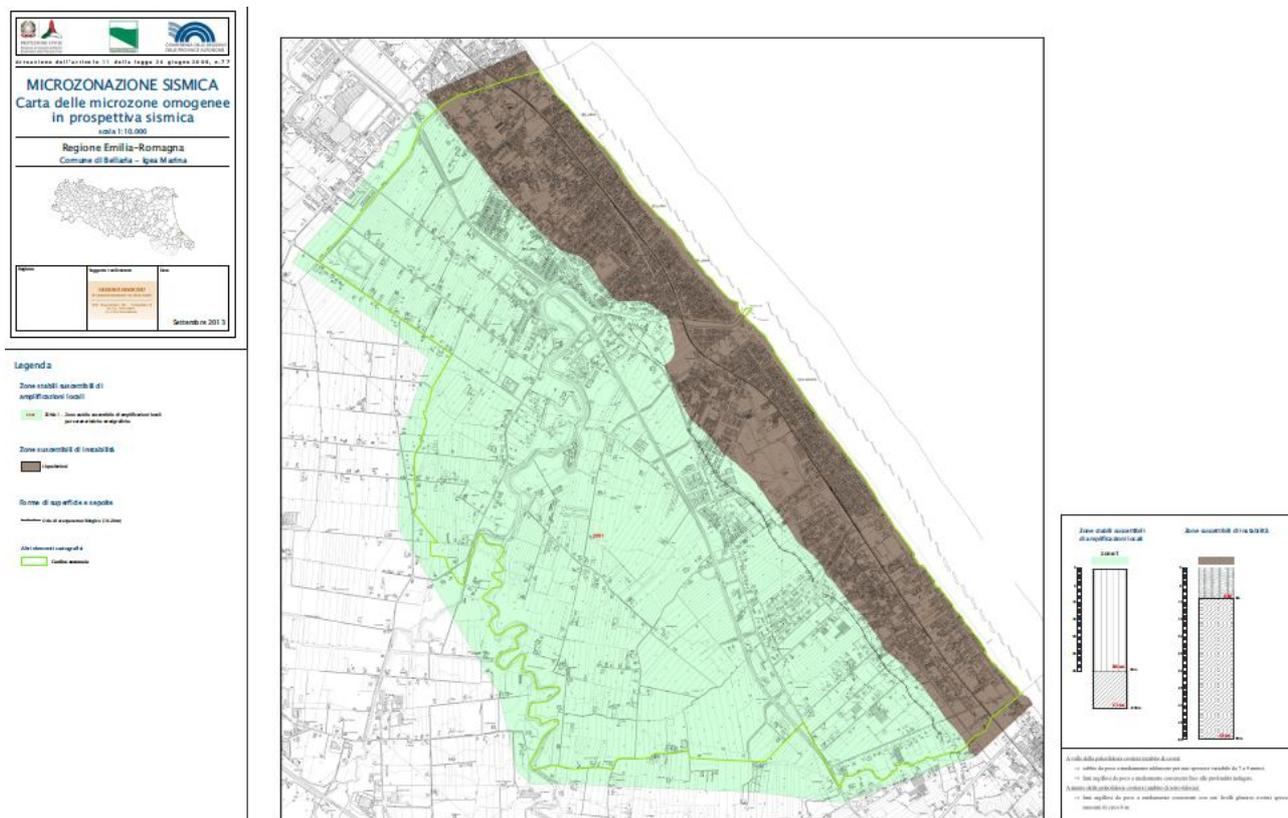


FIG. 5 – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA LOCALE – 1° LIVELLO

5 ANALISI DI APPROFONDIMENTO DI II° LIVELLO

Il II livello di approfondimento ha il fine di caratterizzare il fattore di amplificazione al suolo e determinare le caratteristiche dei terreni in funzione della loro caratterizzazione sismica e dell'amplificazione degli effetti dovuti al sisma. La fascia di territorio potenzialmente liquefacibile dovrà invece essere oggetto di approfondimenti di terzo livello in base all'atto di indirizzo della D.G.R. 112/2007.

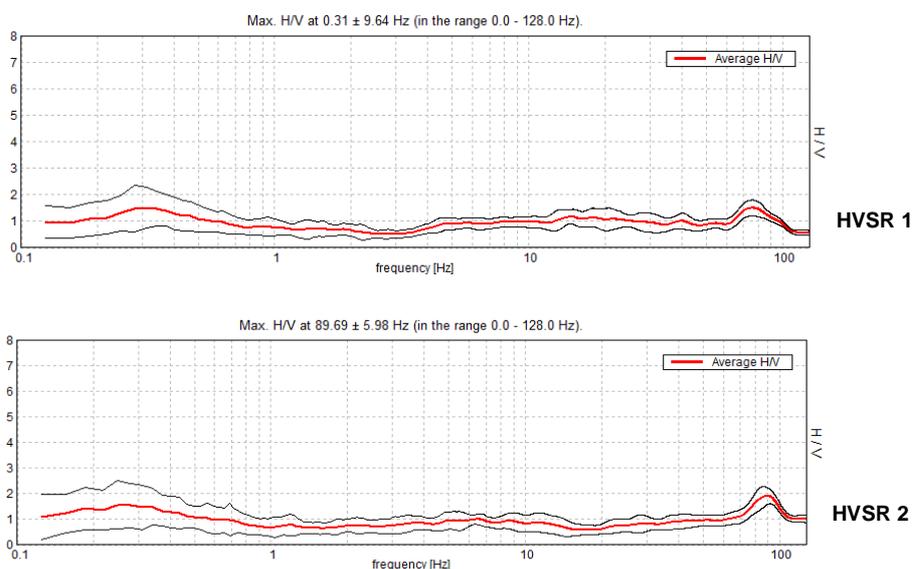
All'interno del territorio comunale sono state effettuate dagli scriventi, n° 13 prove sismiche, con metodologia di sismica passiva HVSR, con utilizzo di strumento Tromino Micromed.

Il metodo HVSR permette di rilevare, in presenza di marcati contrasti d'impedenza nel sottosuolo, picchi il cui valore massimo, proiettato nell'asse delle ascisse determina la frequenza di risonanza del sito, mentre nell'asse delle ordinate determina il valore del rapporto H/V.

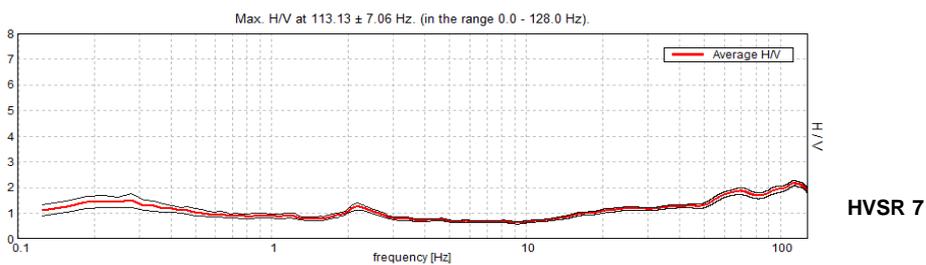
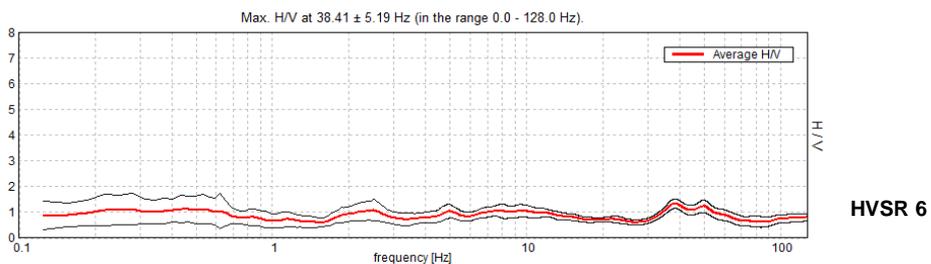
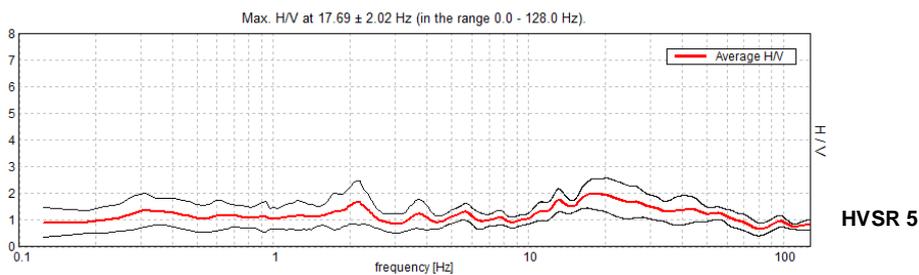
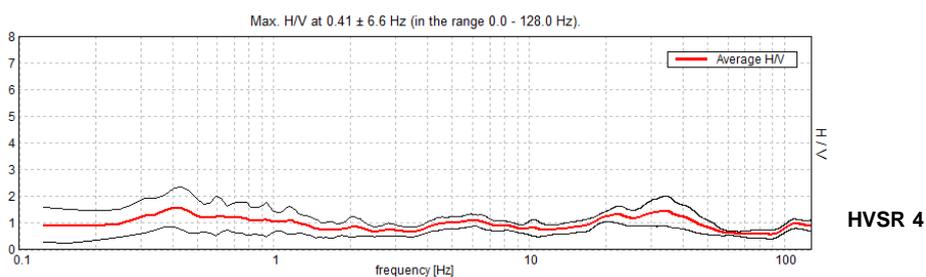
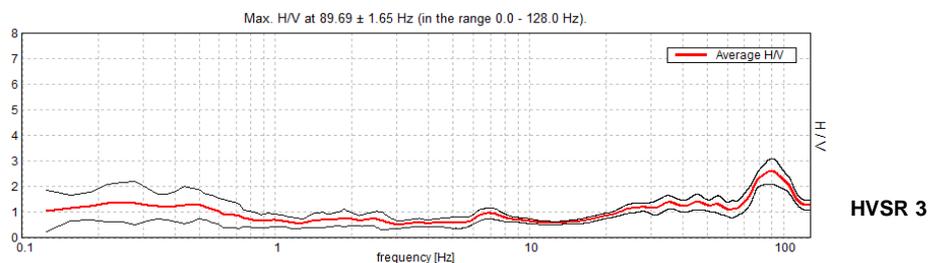
Dal punto di vista sismico, grafici con picchi aventi un rapporto $H/V \geq 2.5$ individuano contrasti di impedenza significativi mentre, sotto tale soglia, il diagramma risulta piuttosto piatto per cui non si evidenziano frequenze di risonanza del sito.

Le curve H/V riportate interamente nel database, indicano che il territorio comunale è caratterizzato da assenza di picchi al di sopra del rapporto $H/V = 2.0$ ovvero senza significativi contrasti di impedenza, ad esclusione della HVSR 5, 10 e 11 che individuano picchi compresi tra circa 2.0 e 2.4 H/V con frequenze comprese tra 18 e 30 Hz peraltro piuttosto superficiali (spessori compresi tra 2.5 e 1.5 m. dall'attuale p.c.).

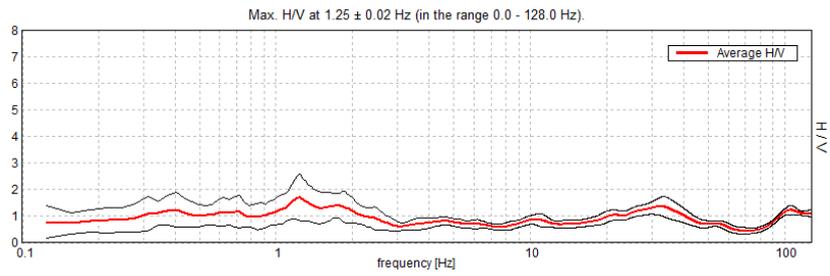
Si riportano di seguito i grafici delle singole prove relativi alle curve H/V



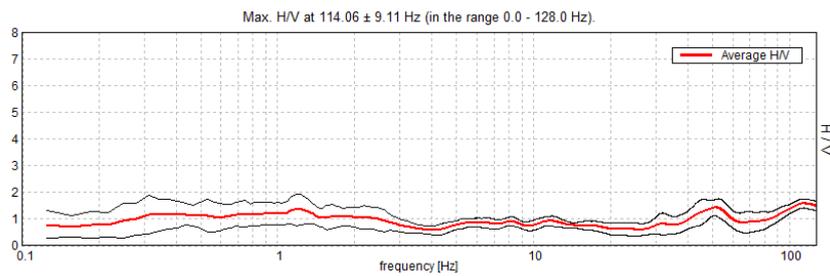
Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica



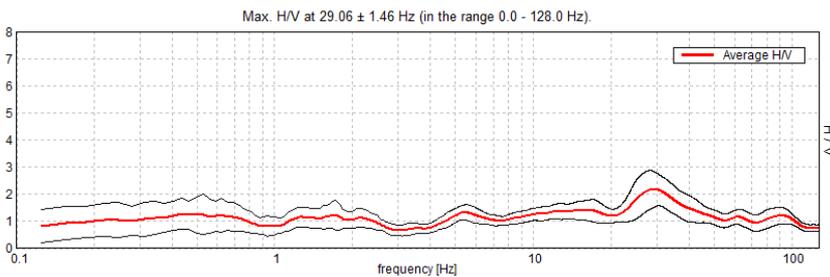
Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica



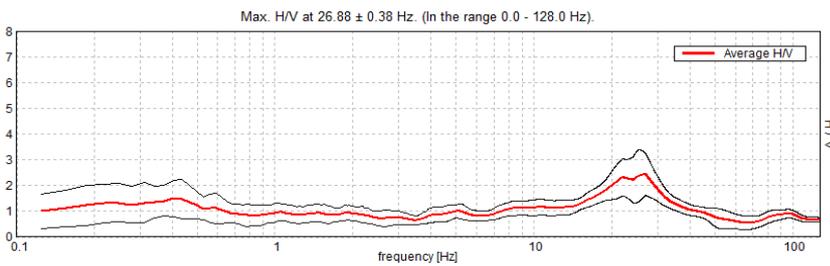
HVS8



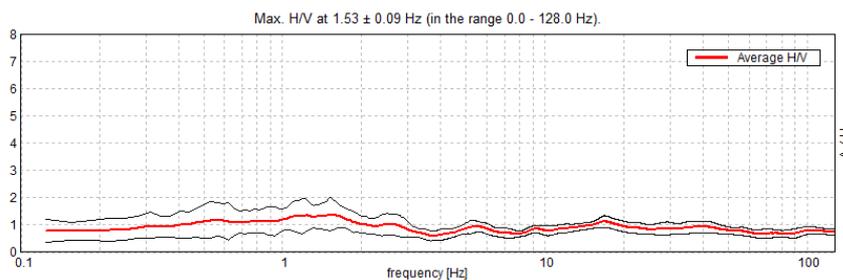
HVS9



HVS10



HVS11



HVS12

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

Per quanto riguarda le velocità, l'interpretazione delle curve evidenzia che il territorio comunale è caratterizzato da terreni a bassa velocità. Si riporta di seguito un quadro riassuntivo che evidenzia per ogni prova HVSR, la frequenza di risonanza del sito (v. **Carta delle frequenze**) e la Vs30 (v. **Carta delle velocità**).

Prova n°	Frequenza (Hz)	Vs30 (m/s)
HVSR 1	0.30	184
HVSR 2	0.27	199
HVSR 3	0.25	251
HVSR 4	0.40	208
HVSR 5	2.20	196
HVSR 6	0.45	235
HVSR 7	0.25	213
HVSR 8	1.30	187
HVSR 9	1.30	209
HVSR 10	0.50	212
HVSR 11	0.40	195
HVSR 12	1.50	181

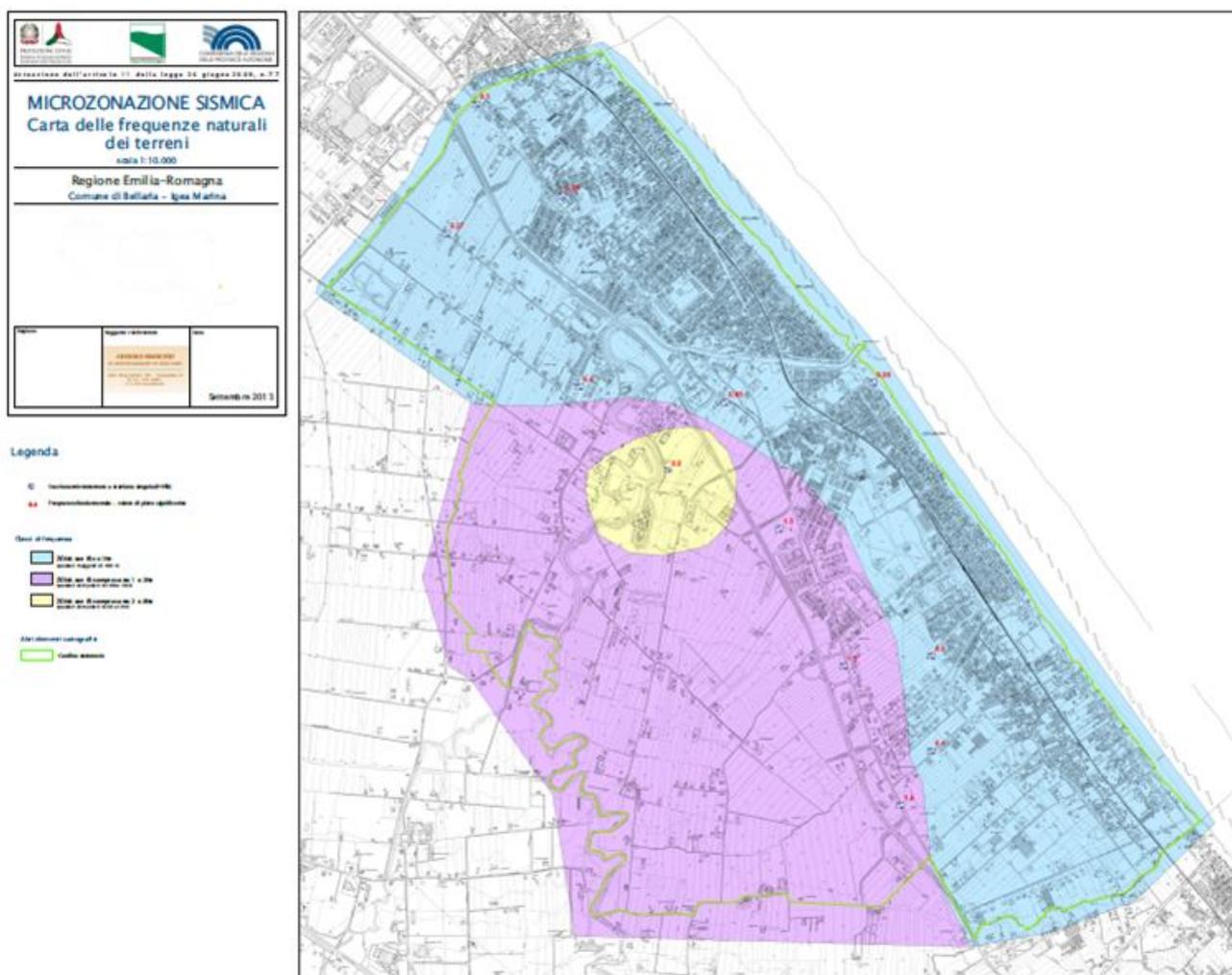


FIG. 6 – CARTA DELLE FREQUENZE

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

La frequenza di risonanza (F_r) è la frequenza minima che si rileva. Dall'analisi sopra descritta, nel territorio comunale si possono individuare i tre seguenti intervalli di frequenza:

- $0.1 \text{ Hz} < F_r \leq 1.0 \text{ Hz}$ con $H/V < 2.5$
- $1.0 \text{ Hz} < F_r \leq 2.0 \text{ Hz}$ con $H/V < 2.5$
- $F_r > 2.0 \text{ Hz}$ con $H/V < 2.5$

Il territorio comunale è interessato prevalentemente dai primi due intervalli di frequenza, mentre il terzo è sicuramente riconducibile alla presenza di livelli ghiaiosi più superficiali, correlati ad ambiti di paleoalveo.

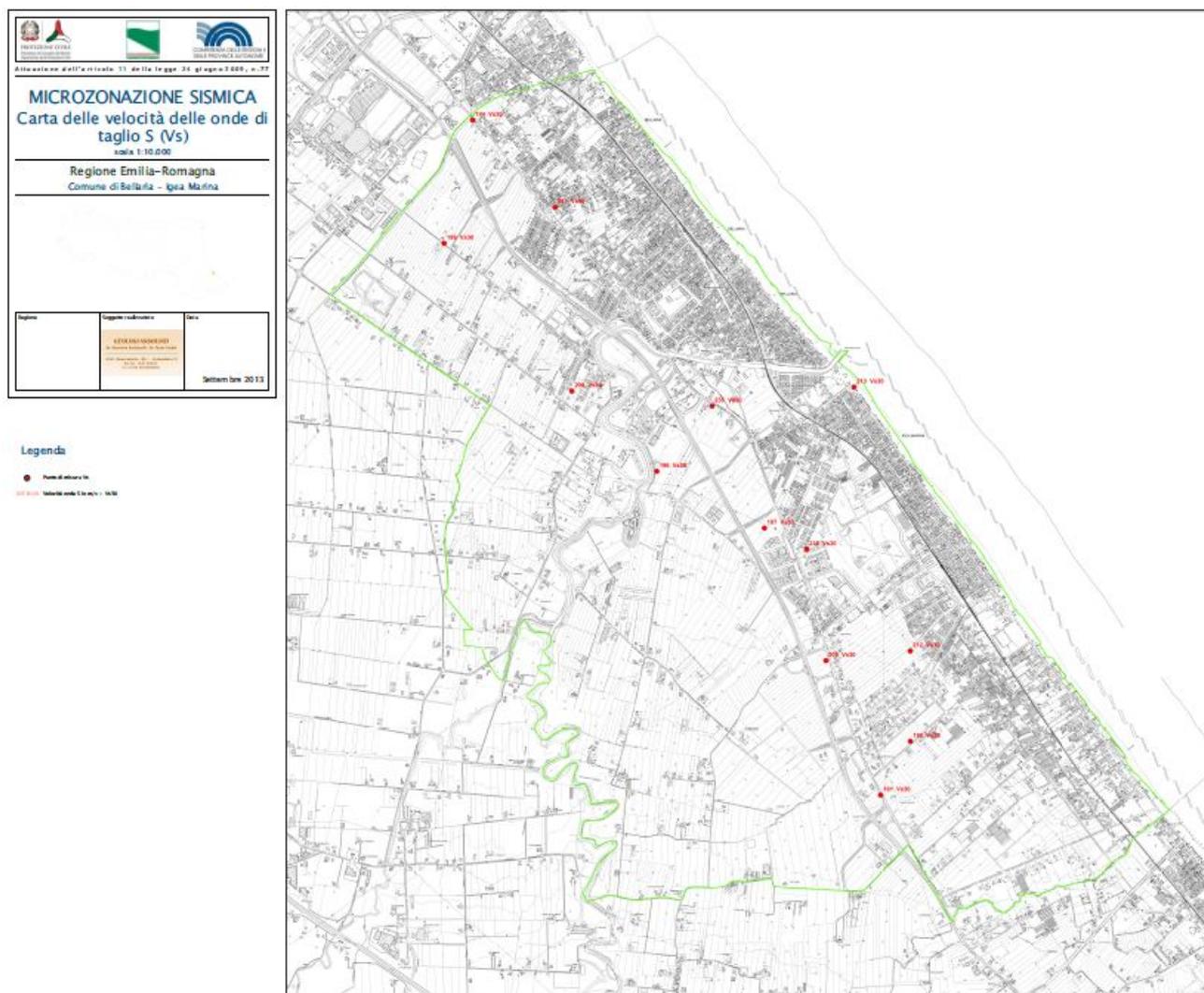


FIG. 7 – CARTA DELLE VELOCITA' (VS₃₀)

5.1 Fattori di amplificazione secondo i criteri ICMS 2008

Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** (v. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica locale), sono caratterizzate da fattori di amplificazione relativi a due periodi dello scuotimento F_a ed F_v :

⇒ F_a = fattore di amplificazione dello spettro a basso periodo;

⇒ F_v = fattore di amplificazione dello spettro di velocità.

Tali fattori sono definiti attraverso le tabelle semplificate presenti negli ICMS (2008).

La scelta dei valori di F_a ed F_v si basa sui seguenti fattori:

1. Litotipo prevalente della copertura (argilla; sabbia; ghiaia);
2. Spessore stimato della copertura (bedrock sismico con $V_s = 800$ m/s al di sotto della profondità H);
3. Tipo di profilo V_s (costante; gradiente intermedio; gradiente massimo);
4. V_s della copertura;
5. Livello di pericolosità sismica (basso = 0,06g; intermedio = 0,18g; alto = 0,26g).

Le scelte sono state le seguenti:

1. Litotipo prevalente della copertura: argilla.
2. Spessore stimato della copertura (bedrock sismico con $V_s = 800$ m/s al di sotto della profondità H): > 100 m
3. Tipo di profilo V_s : gradiente intermedio
4. V_s della copertura: 200 m/s (sulla base delle indagini sismiche effettuate);
5. Livello di pericolosità sismica: intermedio = 0,18g.

Dagli abachi specifici si ricavano dunque i seguenti valori:

$$1.1 < \mathbf{F}_a < 1.2$$

$$\mathbf{F}_v = 1.9 - 2.0$$

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

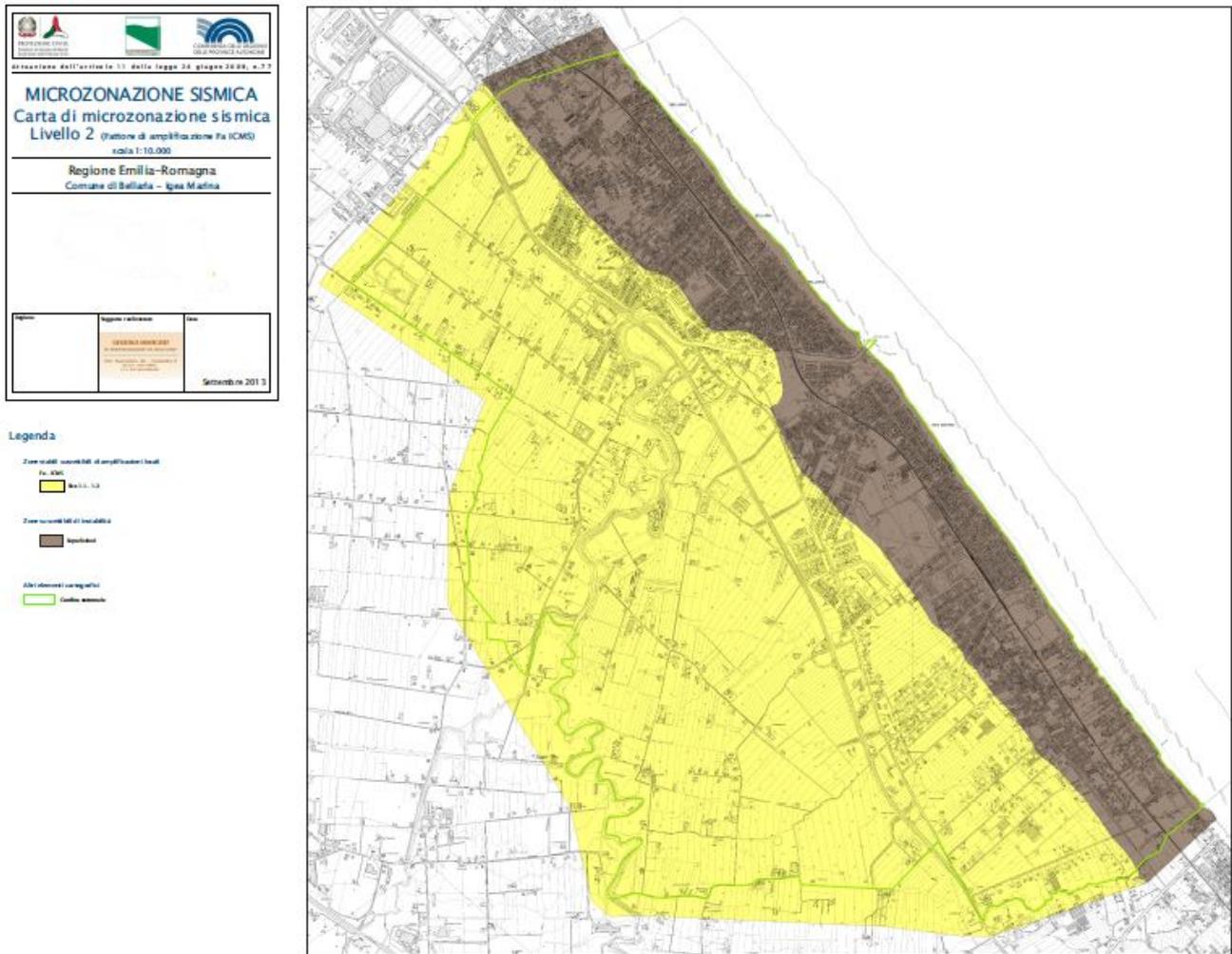


FIG. 8 – CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA 2° livello – Fattore di amplificazione Fa

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

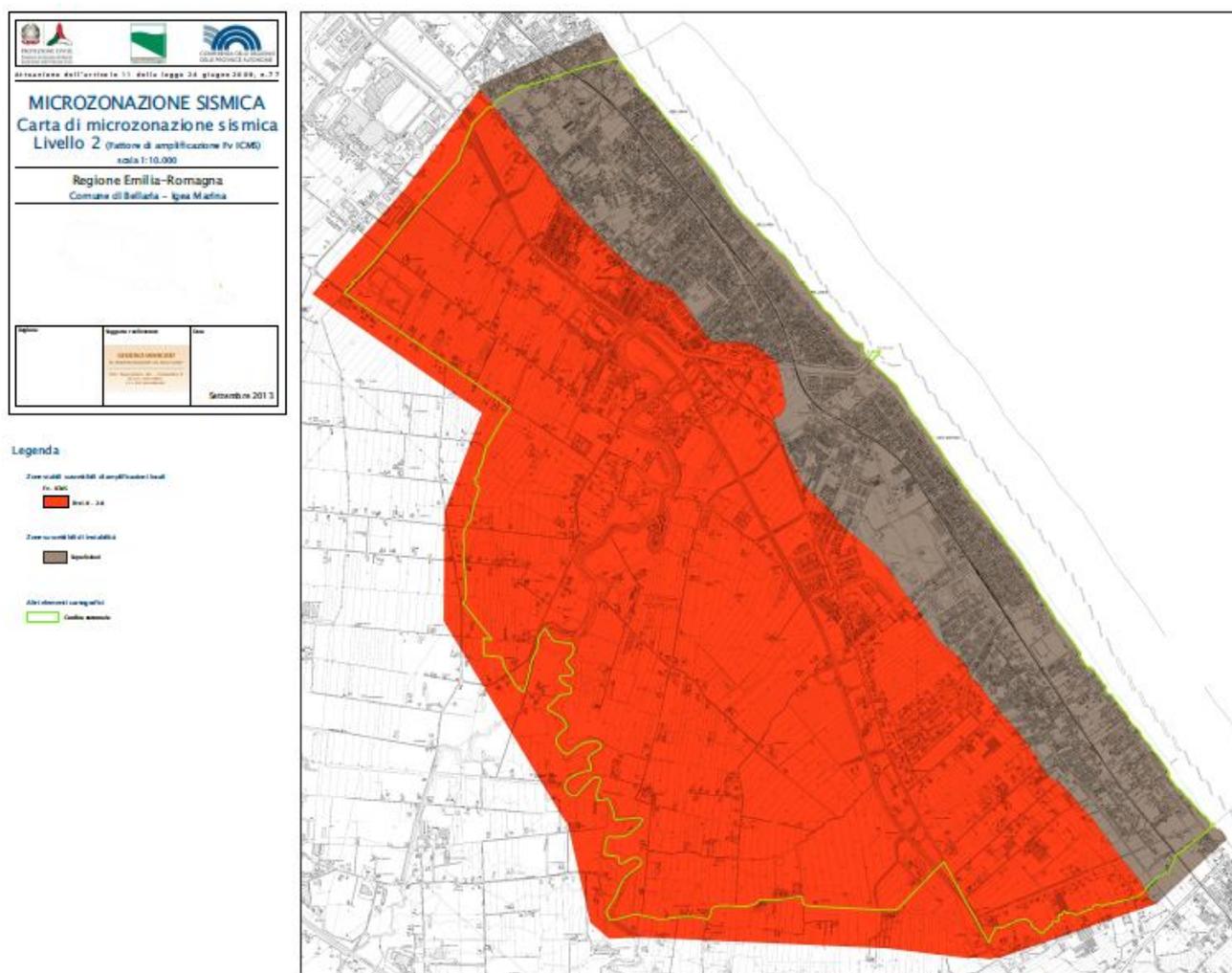


FIG. 9 – CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA 2° livello – Fattore di amplificazione Fv

5.2 Fattori di amplificazione secondo i criteri della Regione Emilia Romagna

I fattori di amplificazione definiti secondo l'Atto d'Indirizzo n° 112 del 02/05/2007 per la MZS in Emilia Romagna, sono ottenuti attraverso le **tabelle specifiche** dell'**Allegato A2** per il **calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica** per l'area in esame e sono:

- ⇒ Fa – PGA – fattore di amplificazione di PGA_0 (Peak Ground Acceleration = accelerazione sismica di picco al bedrock);
- ⇒ Fa ($0.1s < T_0 < 0.5s$) – intensità spettrale nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 secondi;
- ⇒ Fa ($0.5s < T_0 < 1.0s$) – intensità spettrale nell'intervallo di periodo 0.5-1.0 secondi;

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

L'area, dalle risultanze dello studio geologico e delle indagini geognostiche e sismiche effettuate nel territorio di Bellaria – Igea Marina, rientra nel seguente caso:

- A2.1.2. – PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA – In 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.) – PIANURA 2.

Sulla base delle V_{S30} rilevate, le tabelle utilizzate sono state dunque le seguenti:

F.A. P.G.A.

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Tabelle tratte dall'atto d'indirizzo RER 112/2007

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

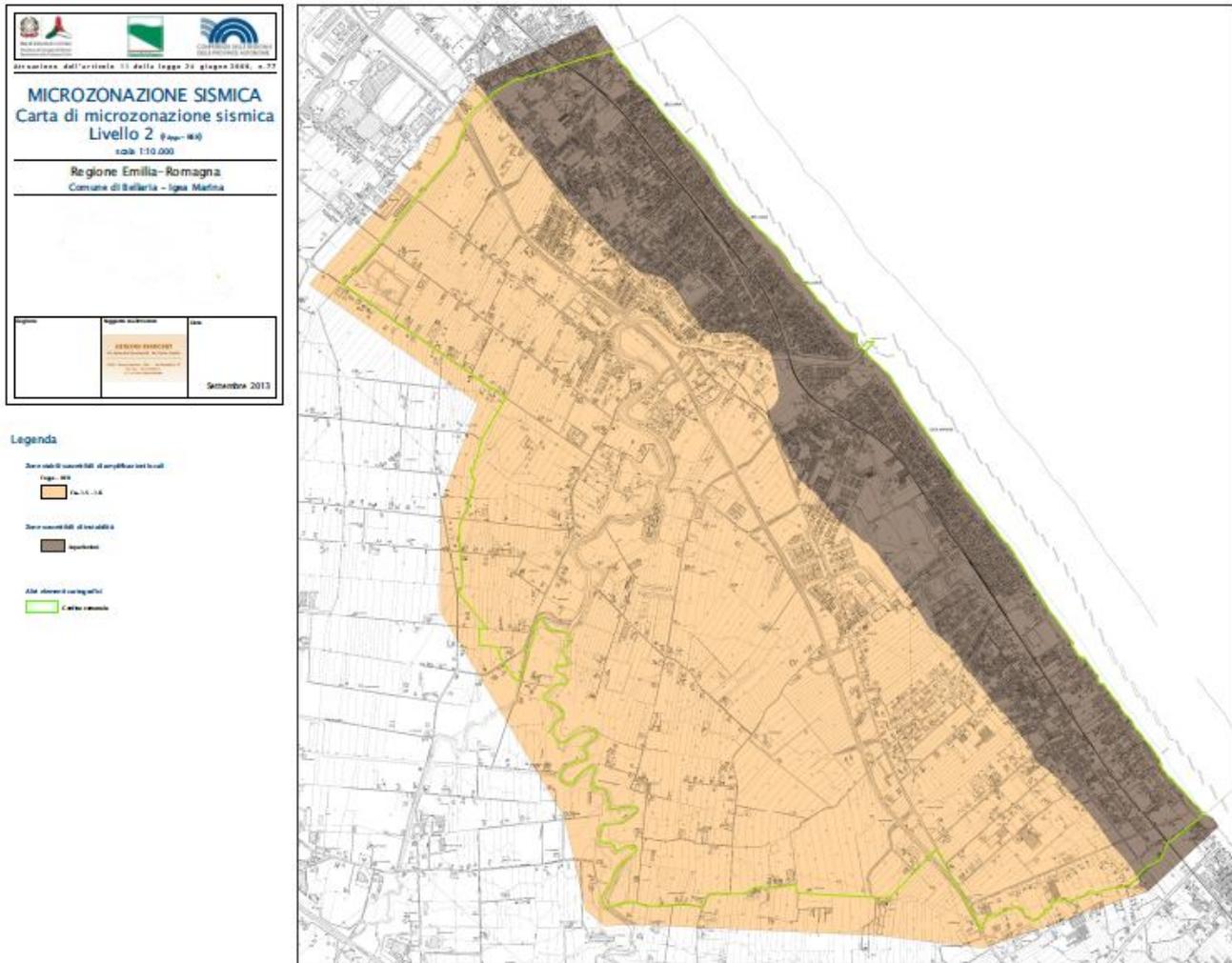


FIG. 10 – CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA 2° livello – Fattore di amplificazione R.E.R. (Fa P.G.A.)

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

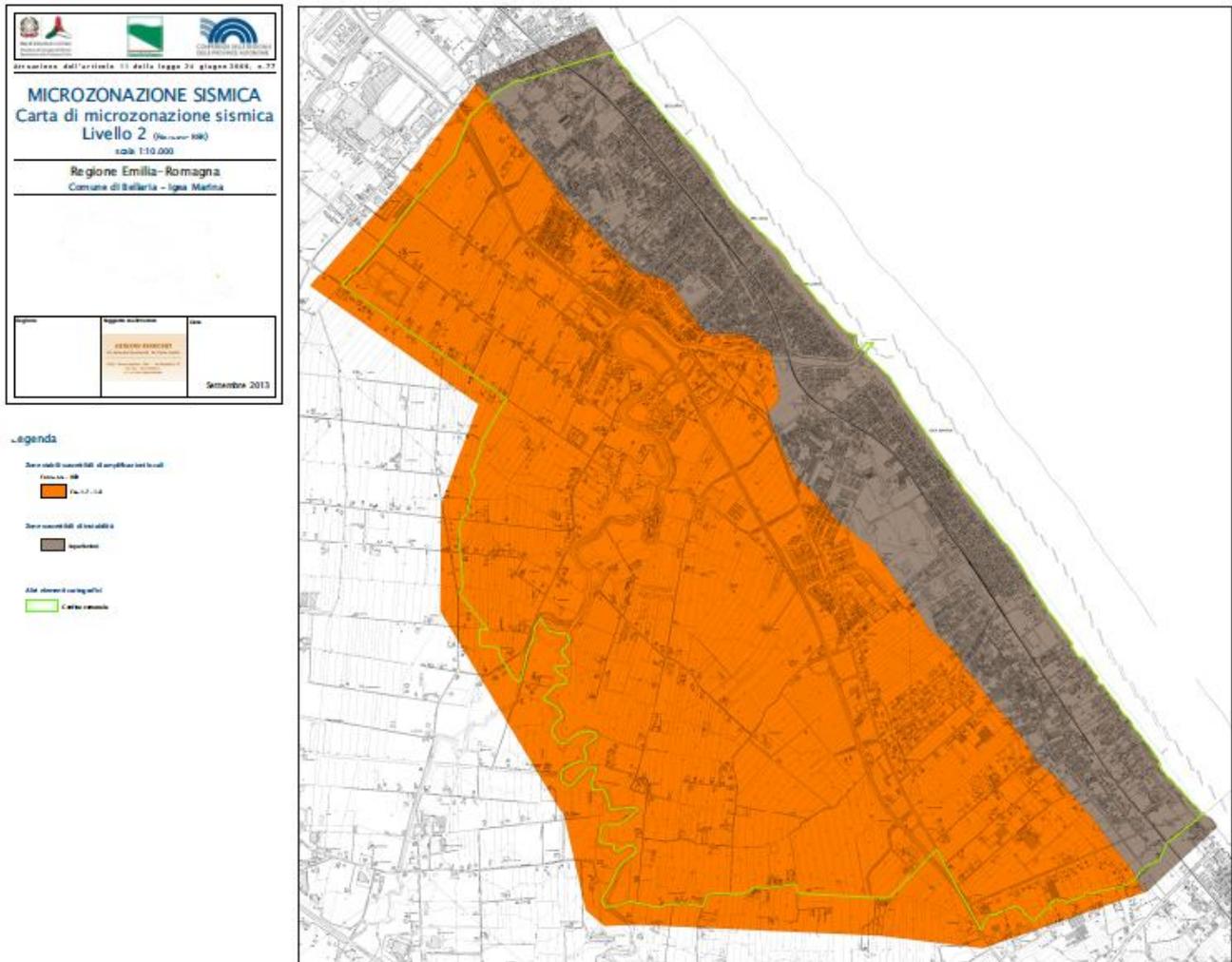
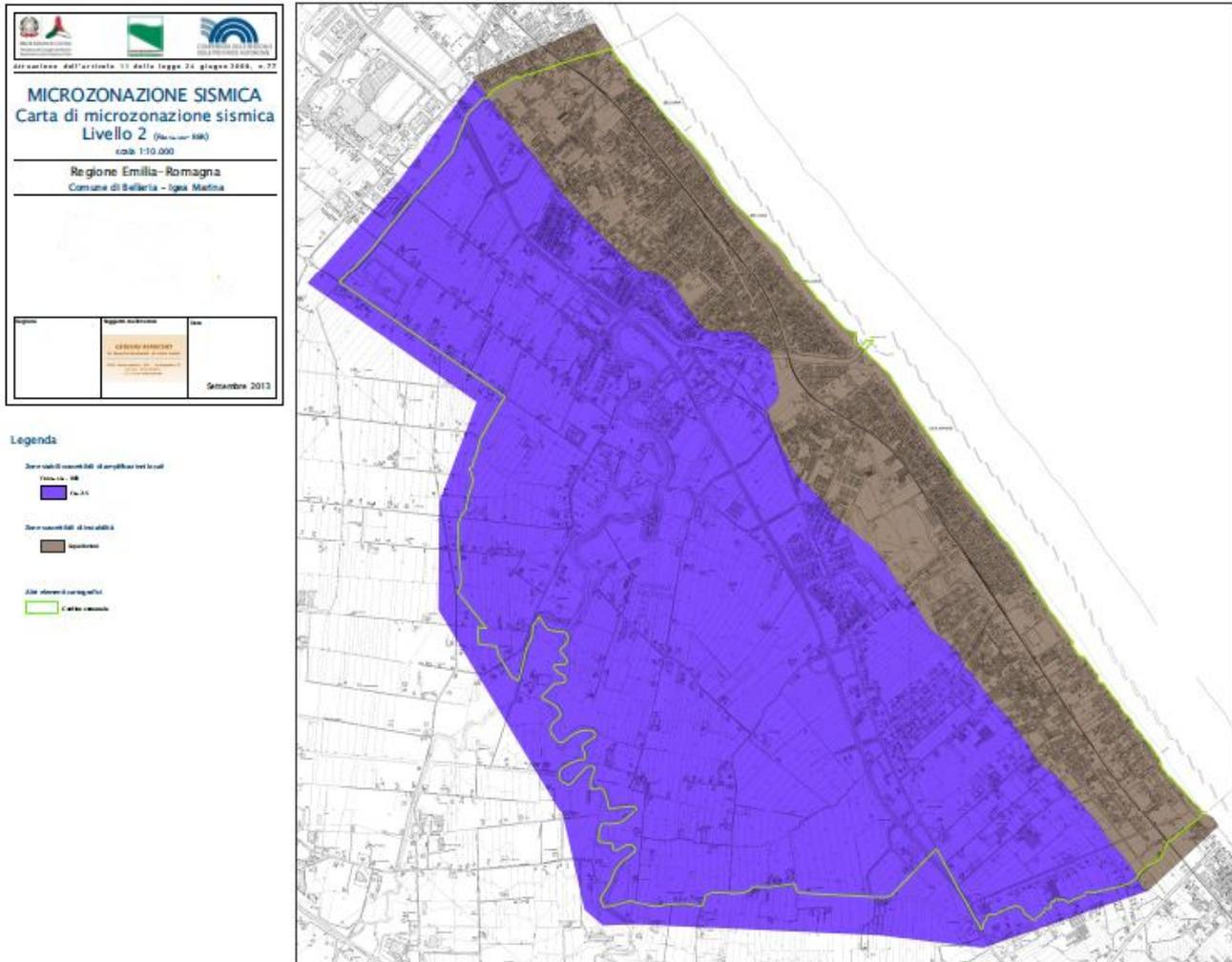


FIG. 11 – CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA 2° Livello – Fattori di amplificazione
IS R.E.R. $0.1 s < T_0 < 0.5 s$

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica



Per quanto riguarda l'effetto topografico (A.2.2), essendo il sito completamente pianeggiante, questo è trascurabile.

L'analisi svolta indica una sostanziale omogeneità del territorio comunale posto a monte della paleofalesia dal punto di vista della microzonazione sismica di II livello.

6 III° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO - VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

Sono state eseguite a sud del Comune di Bellaria-Igea Marina (zona Colonie), n° 2 prove CPTU per la verifica alla liquefazione dei depositi sabbiosi a valle della “paleofalesia” e per calcolare l’indice di liquefazione.

Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione si è impiegata una procedura che, nell’Ingegneria Geotecnica Sismica, viene denominata “*metodo semplificato*”. Tale metodologia è consigliata dall’A.G.I. ed è inserita nell’Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1 della L.R. 20/00 “Disciplina generale sulla tutela e l’uso del territorio”, in merito a “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.

Tale metodologia semplificata permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un **coefficiente di sicurezza F_s** , dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (R) e lo sforzo di taglio indotto dal sisma (T):

$$F_s = \frac{R(CRR)}{T(CSR)}$$

- Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1. Viene considerato **non liquefacibile** un deposito in cui sia dunque $F_s > 1$.

La **resistenza al taglio mobilitata nel terreno (R)** è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato e principalmente del suo stato di addensamento. Per il calcolo di R si utilizza il metodo di Robertson e Wride (1997) che permette di correlare tale grandezza con i risultati delle prove penetrometriche statiche (CPT).

La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \quad \text{e} \quad R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi:

- calcolo della resistenza alla punta e dell’attrito laterale specifici normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \quad \text{e} \quad F_s = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}$$

dove:

- q_c (kg/cmq) = resistenza alla punta misurata;
- f_s (kg/cmq) = attrito laterale specifico misurato;
- σ_{v0} (kg/cmq) = pressione verticale totale;
- σ_{v0}' (kg/cmq) = pressione verticale efficace.

- calcolo dell’indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} Q - 3.47)^2}$$

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

- correzione che tiene conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$$

l'esponente n viene valutato come segue:

- se $I_c > 2.6$ allora $n=1$;
- se $I_c \leq 2.6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n=0.5$; quindi si ricalcola I_c con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2.6 si conferma il valore $n=0.5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n=0.75$;

- se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.
- correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n}$$

dove K_c è uguale a 1 se $I_c \leq 1.64$, in caso contrario è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88$$

Lo **sforzo di taglio indotto dal sisma (T)** dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto) e viene ricavato attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF};$$

dove:

- a_{\max} = accelerazione sismica massima;
- g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;
- σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
- σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
- r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
 $r_d = 1 - 0.00765z$ per $z \leq 9.15$ m
 $r_d = 1.174 - 0.0267z$ per $9.15 < z \leq 23$ m
 $r_d = 0.774 - 0.008z$ per $23 < z \leq 30$ m
 $r_d = 0.5$ per $z > 30$ m

- MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione $MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3}$ se $M \leq 7.5$ o con la formula $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$ se $M > 7.5$.

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro **indice di liquefazione (IL)**. Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove:

- n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;
- $F = 1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;
- Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;
- $W(z) = 10 - 0.5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

In base al valore di **IL** ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la seguente tabella (Sonmez 2003):

IL	Potenziale di liquefazione
IL=0	Non liquefacibile
0<IL≤2	Basso
2<IL≤5	Moderato
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

Dai calcoli effettuati risultano i seguenti indici di liquefazione:

CPTU 1: IL = 8.1 - **rischio alto**

CPTU 2: IL = 8.5 - **rischio alto**

Complessivamente per l'area, si avrebbe dunque, un **rischio di liquefazione alto**.

- Nella cartella INSTAB del database non potendo inserire valori puntuali ma areali dell'indice di liquefazione (IL) si è inserito un unico valore cioè quello più cautelativo pari a 8.5.
- I valori dell'indice di liquefazione ricavati, dedotti da prove ubicate nella zona sud a circa 650 m. l'una dall'altra, non possono essere rappresentativi di tutta la fascia costiera comunale potenzialmente liquefacibile. Andranno pertanto svolte ulteriori indagini puntuali per una più dettagliata classificazione.

Di seguito si riportano i tabulati riepilogativi del calcolo relativi alle 2 prove.

Committente: RER						
Località: Bellaria-Igea Marina				Descrizione:		
Note: CPTU 1				Sigla:		
Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
0,1	1	0,0075	2	0,208	0,052	10
0,2	3	0,01	2	0,208	0,065	10
0,3	36	0,039	2	0,208	0,468	10
0,4	78	0,16	2	0,207	2,463	10
0,5	104	0,4	2	0,207	3,955	10
0,6	123	0,53	2	0,207	4,824	10
0,7	128	0,61	1	0,215	4,493	45,06
0,8	142	0,63	1	0,23	5,448	51,19
0,9	147	0,66	1	0,242	5,43	48,39
1	129	0,58	1	0,253	3,352	28,58
1,1	133	0,68	1	0,263	3,344	27,49
1,2	143	0,62	1	0,271	3,795	30,23
1,3	146	0,54	1	0,278	3,717	28,83
1,4	179	0,67	1	0,285	6,274	47,52
1,5	233	0,51	1	0,291	12,754	94,62
1,6	205	0,44	1	0,296	8,117	59,13
1,7	171	0,79	1	0,301	4,437	31,8
1,8	175	0,86	1	0,306	4,455	31,47
1,9	192	0,87	1	0,31	5,508	38,4
2	176	1,37	1	0,313	4,017	27,68

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

2,1	143	1,19	1	0,317	2,074	14,13
2,2	66	0,92	1	0,32	0,308	2,08
2,3	54	1,27	1	0,323	0,288	1,92
2,4	105	1,05	1	0,325	0,752	4,99
2,5	156	0,67	1	0,328	2,176	14,33
2,6	100	1,42	1	0,33	0,648	4,24
2,7	98	0,86	1	0,332	0,552	3,59
2,8	77	0,31	1	0,334	0,299	1,93
2,9	75	0,3	1	0,336	0,274	1,76
3	68	0,24	1	0,338	0,218	1,39
3,1	59	0,41	1	0,34	0,168	1,07
3,2	31	0,44	1	0,341	0,115	0,73
3,3	23	0,67	1	0,342	0,141	0,89
3,4	15	0,26	1	0,344	0,097	0,61
3,5	23	0,3	1	0,345	0,1	0,62
3,6	45	0,43	1	0,346	0,131	0,82
3,7	40	0,28	1	0,347	0,112	0,7
3,8	34	0,26	1	0,348	0,104	0,64
3,9	26	0,32	1	0,349	0,102	0,63
4	23	0,39	1	0,35	0,108	0,67
4,1	26	0,57	1	0,351	0,128	0,78
4,2	29	0,52	1	0,352	0,121	0,74
4,3	34	0,52	1	0,353	0,123	0,75
4,4	27	0,27	1	0,353	0,099	0,6
4,5	23	0,23	1	0,354	0,095	0,58
4,6	13	0,43	1	0,355	0,071	
4,7	9	0,36	1	0,355	0,064	
4,8	21	0,33	1	0,356	0,104	0,63
4,9	22	0,39	1	0,356	0,111	0,67
5	24	0,52	1	0,357	0,125	0,76
5,1	18	0,36	1	0,357	0,127	0,77
5,2	10	0,41	1	0,358	0,064	
5,3	11	0,37	1	0,358	0,066	
5,4	13	0,41	1	0,359	0,068	
5,5	16	0,38	1	0,359	0,072	
5,6	22	0,5	1	0,359	0,127	0,76
5,7	18	0,39	1	0,36	0,132	0,79
5,8	30	0,44	1	0,36	0,115	0,69
5,9	25	0,37	1	0,36	0,109	0,66
6	16	0,28	1	0,361	0,115	0,69
6,1	24	0,42	1	0,361	0,116	0,69
6,2	25	0,4	1	0,361	0,113	0,68
6,3	20	0,49	1	0,361	0,074	
6,4	14	0,55	1	0,362	0,067	
6,5	12	0,57	1	0,362	0,064	
6,6	13	0,48	1	0,362	0,065	
6,7	12	0,42	1	0,362	0,064	
6,8	28	0,62	1	0,362	0,143	0,85
6,9	28	0,43	1	0,362	0,117	0,7
7	26	0,43	1	0,363	0,119	0,71
7,1	20	0,43	1	0,363	0,072	
7,2	16	0,34	1	0,363	0,067	
7,3	19	0,45	1	0,363	0,07	
7,4	23	0,37	1	0,363	0,115	0,68

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

7,5	52	0,49	1	0,363	0,129	0,77
7,6	20	0,3	1	0,363	0,109	0,65
7,7	6	0,37	1	0,363	0,056	
7,8	7	0,22	1	0,363	0,057	
7,9	10	0,24	1	0,363	0,06	
8	9	0,25	1	0,363	0,059	
8,1	25	0,27	1	0,363	0,103	0,61
8,2	60	0,5	1	0,363	0,135	0,81
8,3	40	0,49	1	0,363	0,124	0,74
8,4	29	0,29	1	0,363	0,105	0,62
8,5	23	0,25	1	0,363	0,103	0,61
8,6	25	0,42	1	0,363	0,123	0,73
8,7	14	0,47	1	0,363	0,063	
8,8	8	0,2	1	0,363	0,057	
8,9	20	0,19	1	0,363	0,098	0,58
9	21	0,5	1	0,363	0,068	
9,1	14	0,5	1	0,363	0,062	
9,2	18	0,53	1	0,363	0,065	
9,3	15	0,69	1	0,362	0,063	
9,4	13	0,39	1	0,361	0,061	
9,5	17	0,61	1	0,361	0,064	
9,6	10	0,35	1	0,36	0,058	

Profondità tetto falda(m): 0,6

Profondità base falda(m): 9,6

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0,32

Magnitudo di riferimento= 5,94

Indice di liquefazione=8,1 rischio alto

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 2,16

$F_s = MSF \times R / T$

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

Committente: RER						
Località: Bellaria-Igea Marina			Descrizione:			
Note: CPTU 2bis			Sigla:			
Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
0,6	67	0,035	1	0,208	5,463	10
0,7	108	0,279	1	0,223	7,149	69,25
0,8	107	0,531	1	0,248	5,627	48,95
0,9	114	0,563	1	0,267	5,64	45,53
1	115	0,624	1	0,283	4,91	37,52
1,1	121	0,71	1	0,295	4,922	36,05
1,2	120	0,772	1	0,305	4,201	29,76
1,3	120	0,552	1	0,313	3,716	25,62
1,4	106	0,704	1	0,32	2,313	15,59
1,5	98	0,67	1	0,326	1,665	11,02
1,6	83	0,557	1	0,332	0,951	6,2
1,7	68	0,31	1	0,336	0,516	3,32
1,8	57	0,244	1	0,34	0,315	2
1,9	54	0,21	1	0,344	0,264	1,66
2	62	0,188	1	0,347	0,337	2,1
2,1	53	0,183	1	0,35	0,229	1,42
2,2	59	0,305	1	0,352	0,272	1,67
2,3	51	0,173	1	0,354	0,196	1,19
2,4	50	0,196	1	0,356	0,182	1,1
2,5	63	0,185	1	0,358	0,272	1,64
2,6	65	0,216	1	0,36	0,278	1,67
2,7	53	0,236	1	0,361	0,181	1,08
2,8	49	0,276	1	0,363	0,156	0,93
2,9	55	0,345	1	0,364	0,182	1,08
3	47	0,198	1	0,365	0,14	0,83
3,1	34	0,171	1	0,366	0,104	0,62
3,2	39	0,22	1	0,367	0,114	0,67
3,3	42	0,195	1	0,368	0,117	0,69
3,4	37	0,176	1	0,369	0,107	0,63
3,5	30	0,183	1	0,37	0,098	0,57
3,6	23	0,095	1	0,371	0,087	0,51
3,7	22	0,086	1	0,371	0,086	0,5
3,8	21	0,097	1	0,372	0,086	0,5
3,9	31	0,241	1	0,372	0,101	0,59
4	29	0,365	1	0,373	0,107	0,62
4,1	22	0,338	1	0,373	0,103	0,59
4,2	17	0,321	1	0,374	0,103	0,60
4,3	17	0,325	1	0,374	0,103	0,6
4,4	21	0,405	1	0,374	0,11	0,63
4,5	18	0,448	1	0,375	0,153	0,88
4,6	22	0,612	1	0,375	0,123	0,71
4,7	25	0,448	1	0,375	0,114	0,66
4,8	35	0,517	1	0,376	0,123	0,71

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

4,9	39	0,469	1	0,376	0,122	0,7
5	28	0,211	1	0,376	0,096	0,55
5,1	17	0,222	1	0,376	0,095	0,55
5,2	9	0,27	1	0,376	0,065	
5,3	8	0,347	1	0,376	0,063	
5,4	8	0,455	1	0,377	0,062	
5,5	8	0,41	1	0,377	0,059	
5,6	7	0,336	1	0,377	0,061	
5,7	11	0,339	1	0,377	0,066	
5,8	10	0,447	1	0,377	0,143	0,82
5,9	21	0,4	1	0,377	0,114	0,65
6	23	0,458	1	0,377	0,12	0,69
6,1	26	0,354	1	0,377	0,107	0,61
6,2	22	0,241	1	0,377	0,097	0,56
6,3	16	0,27	1	0,377	0,113	0,65
6,4	20	0,555	1	0,377	0,076	
6,5	19	0,49	1	0,377	0,075	
6,6	15	0,567	1	0,377	0,069	
6,7	13	0,594	1	0,377	0,066	
6,8	18	0,343	1	0,377	0,123	0,71
6,9	21	0,2	1	0,377	0,095	0,54
7	9	0,327	1	0,377	0,061	

Profondità tetto falda(m): 0,6

Profondità base falda(m): 7

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0,32

Magnitudo di riferimento= 5,94

Indice di liquefazione=8,5 rischio alto

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 2,16

$F_s = MSF \times R / T$

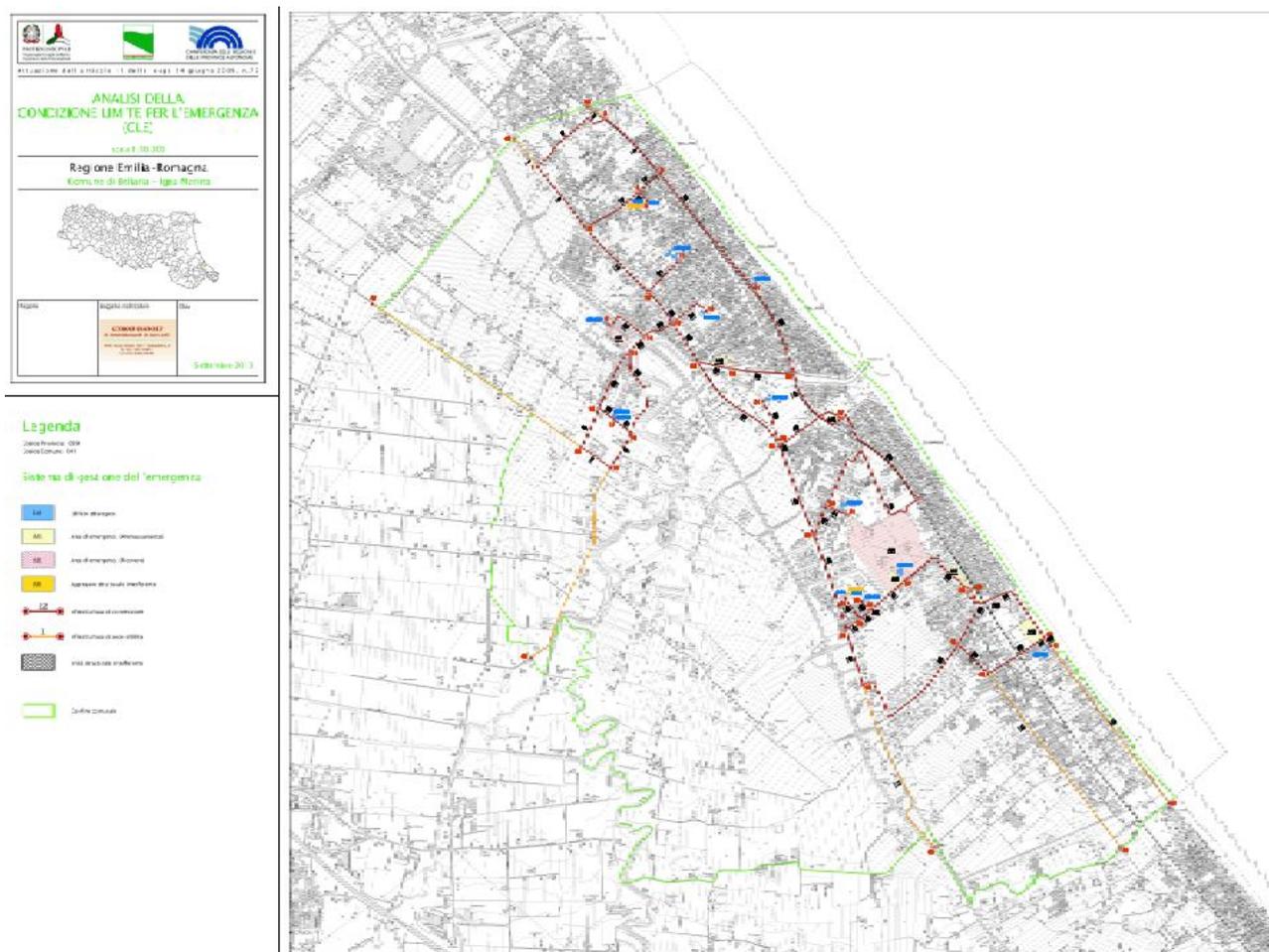
7 CONDIZIONE LIMITE D'EMERGENZA (CLE).

A completamento del lavoro sulla microzonazione sismica del Comune di Bellaria-Igea Marina si è effettuata l'analisi per la condizione limite per l'emergenza (CLE) dell'insediamento urbano. Tale analisi è stata effettuata utilizzando la modulistica predisposta dalla Commissione Tecnica di cui all'articolo 5 commi 7 e 8 dell'O.P.C.M. 3907/2010.

Tale analisi comporta:

1. l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza;
2. l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto 1) e gli eventuali elementi critici;
3. l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale.

Sulla base di tali informazioni l'ufficio LL.PP. del Comune di Bellaria-Igea Marina ha elaborato e fornito la seguente planimetria



Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

e le seguenti schede così suddivise:

- 15 ES Edificio Strategico.
- 10 AE Aree di Emergenza.
- 56 AC Infrastruttura Accessibilità/Connessione.
- 02 AS Aggregati strutturali.
- 21 US Unità Strutturale.

B I B L I O G R A F I A

1. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, 2005c. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 256 Rimini. Coordinamento Scientifico di Luca Martelli e Paolo Severi. Realizzazione Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Stampa SELCA Firenze..
2. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP-2007) e in particolare Tavv. D1/2 Rischi Ambientali.
3. Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca (PAI) – Delibera n° 2 del 30/03/2004 .
4. TONI G. ZAGHINI M. “Idrogeologia e geotecnica del conoide del F. Marecchia”. Camera di Commercio Industria, Artigianato e Agricoltura di Forlì, 1988.
5. ZAGHINI M. (a cura di) “Acqua e suolo: vulnerabilità, dissesto, equilibri e compatibilità”. Quaderno n. 4, Circondario di Rimini, anno 1993.
6. AA. VV –Supplemento alla rivista “ Ingegneria sismica” Anno XXVIII n. 2 – 2011
7. AA.VV.(2008), Gruppo di lavoro MS 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome- Dipartimento della Protezione Civile . Roma.
8. AA.VV. (2008), Indirizzi per studi di microzonazione sismica. AMRA S.c.a.r.l. Sezione Early Warning e Rischio Sismico.
9. AA.VV. (2012) Microzonazione Sismica . Uno strumento consolidato per la riduzione del rischio, L'esperienza della Regione Emilia Romagna. A cura del Servizio Geologico sismico dei suoli RER.
10. Atto d'indirizzo per la MZS in Emilia Romagna (2007). Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio”, in merito a “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”.
11. Riga G.(2008), Microzonazione sismica. Procedure per elaborare una carta di microzonazione sismica. Dario Flaccovio Editore. Palermo 2008.

Comune di Bellaria-Igea Marina (RN)
MICROZONAZIONE SISMICA
Relazione geologica

12. Stucchi M.; Camassi R. Rovida A.; Locati M.; Ercolani E., Meletti C. Migliavacca P.; Bernardini F. e Azzaro R, (2011). DBMI11, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico. Quaderni di geofisica, INGV.
13. Castellaro S. e Mulargia F., 2009a. Vs30 estimates using constrained H/V measurements, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 99, 761-773.
14. Castellaro S. e Mulargia F., 2009b. The effect of velocity inversions on H/V, *Pure Appl. Geophys.*, 166, 567-592.
15. ICMS, 2008. Gruppo di lavoro MS. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e CD.
16. NTC, 2008. Norme Tecniche sulle Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008 pubblicato in G.U. del 4.02.2008, suppl. ord. 30.
17. SESAME, 2004. Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12 <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/>
18. Facciorusso J., Madiari C., Vannucchi G. (2013). Confronto tra metodi semplificati di stima del rischio di liquefazione da prove CPT e CPTU. Università degli Studi di Firenze.
19. Facciorusso J., Vannucchi G. (2009). Esempio di valutazione del potenziale di liquefazione su scala regionale secondo l'approccio deterministico e probabilistico. *Rivista italiana di geotecnica* (2/2009)