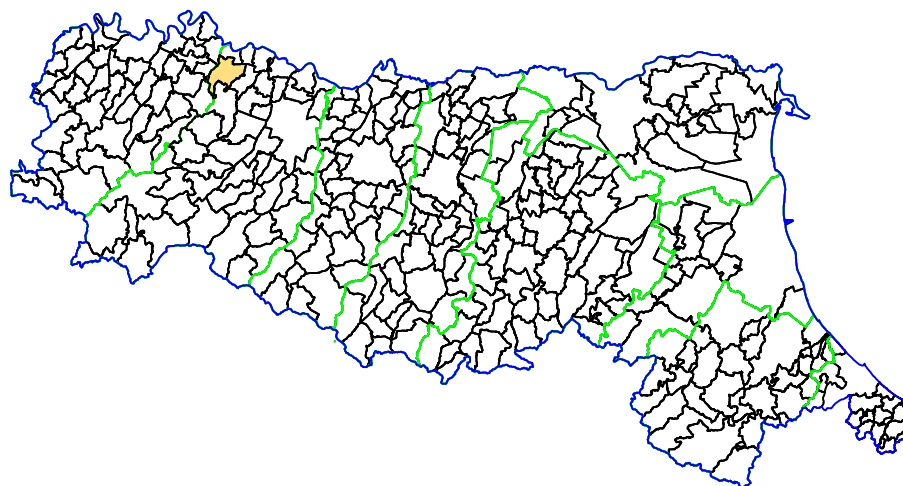


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Regione Emilia-Romagna
Comune di Busseto



Regione	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>AMBITER s.r.l. società di ingegneria ambientale</p> <p>Via Nicolodi, 5/A - 43126 Parma (PR) Tel: 0521-942630 - Fax: 0521-942636 e-mail: info@ambiter.it PEC: ambiter@pec.ambiter.it</p> 	Data ottobre 2018 (rev.2)
---------	---	------------------------------



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

UBICAZIONE

REGIONE EMILIA ROMAGNA

COMUNE DI BUSSETO

OGGETTO

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N. 77



AMBITER s.r.l.
 società di ingegneria ambientale

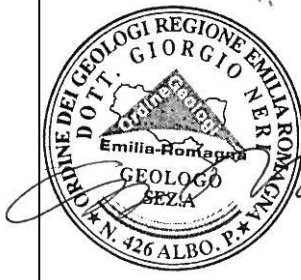
Via Nicolodi, 5/A 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

DIREZIONE TECNICA

dott. Giorgio Neri

REDAZIONE

dott. geol. Adriano Biasia



CODIFICA

1

5

8

5

0

1

R

I

0

2

1

8

ELABORATO

DESCRIZIONE

RI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

02	10/2018	A. Biasia	F. Ravaglia	G. Neri	Emissione
01	12/2017	A. Biasia	F. Ravaglia	G. Neri	Emissione
00	08/2016	M. Rogna	M. Rogna	G. Neri	Emissione
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROV.	DESCRIZIONE

FILE	RESP. ARCHIVIAZIONE	COMMESSA
1585_02_MS_RI_01_01	AB	1585

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI.....	4
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI.....	5
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI BUSSETO.....	6
2.2	SISMICITA' STORICA.....	9
2.3	ZONAZIONE SISMOGENETICA.....	10
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	12
3.1	ASSETTO STRUTTURALE GENERALE.....	12
3.2	ASSETTO STRATIGRAFICO GENERALE.....	14
4	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	18
4.1	CARTA DELLE INDAGINI.....	18
4.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	23
4.3	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SIMICA.....	25
4.4	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	27
5	COMMENTI FINALI E CRITICITA'.....	30

ALLEGATI

1. Indagini geofisiche tipo MASW e REMI
2. Analisi dei microtremori HVSR
3. indagini geognostiche disponibili dall'archivio comunale

1 INTRODUZIONE

La microzonazione sismica (MS), rappresenta la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento; costituisce quindi un supporto fondamentale agli strumenti di pianificazione urbanistica comunale per indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Gli studi di MS prevedono diverse fasi di realizzazione e differenti livelli di approfondimento in funzione del contesto territoriale e degli obiettivi da perseguire, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 costituisce un livello propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Consiste nell'elaborazione di un quadro conoscitivo generale, tramite una raccolta di dati preesistenti, in cui le varie parti del territorio vengono suddivise in microzone qualitativamente omogenee rispetto alla suscettibilità ad effetti locali in cui effettuare le successive indagini di MS;
- il livello 2 oltre a definire e confermare le condizioni di pericolosità del precedente livello 1, fornisce quantificazioni numeriche (con metodi semplificati) dei fenomeni di modificazione locale del moto sismico e dei fenomeni di deformazione permanente e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive.

Il livello di approfondimento dello Studio di MS per il Comune di Busseto, per il quale sono stati richiesti e assegnati i contributi di cui all'Ocdpc 171/2014 "*contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2013*", è il **Livello 2** come riportato nell'Allegato A della D.G.R. 1227/2015.

Lo Studio di microzonazione sismica (MS) del Comune di Busseto è stato realizzato sulla base dei criteri e delle indicazioni contenute negli Allegati B e C della D.G.R. 1227/2015, "Ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n. 171/2014. Attribuzione contributi a favore degli enti locali. Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica e delle indicazioni per l'archiviazione informatica".

Quale riferimento tecnico per la realizzazione dello studio e per la redazione degli elaborati richiesti è stato inoltre fatto specifico riferimento agli "*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*" approvati recentemente dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008) ed alla Deliberazione di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015: "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-

Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

La presente relazione descrive le fasi di studio, le indagini pregresse e quelle realizzate ex-novo, i dati acquisiti, le elaborazioni e i risultati dello studio, relativi alle aree urbanizzate e in quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche indicate dall'Amministrazione Comunale di Busseto.

Nello specifico, ad integrazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili, sono state realizzate:

- n. 13 prove ReMi (Refraction Microtremors);
- n. 28 analisi dei microtremori a stazione singola (HVSr);
- n. 3 prove penetrometriche con piezocono (CPTU).

A corredo della relazione illustrativa è stata redatta inoltre la seguente cartografia, che costituisce lo standard richiesto per l'approvazione dello studio:

- Tav. 01 - Carta delle indagini - alla scala 1:5.000;
- Tav. 02 - Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica - alla scala 1:5.000;
- Tav. 03a - Sezioni stratigrafiche profonde - alla scala X=1:10.000 Y= 1:1.000;
- Tav. 03b - Sezioni stratigrafiche superficiali - alla scala X=1:2.000 Y= 1:200;
- Tav. 04 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - alla scala 1:5.000;
- Tav. 05 - Carta delle frequenze - alla scala 1:5.000;
- Tav. 06 - Carta delle velocità delle onde di taglio S - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07a - Carta di microzonazione sismica F.A. PGA - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07b - Carta di microzonazione sismica F.A. SI1 - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07c - Carta di microzonazione sismica F.A. SI2 - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07d - Carta di microzonazione sismica F.A. SI3 - alla scala 1:5.000.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI

Legge 2 febbraio 1974, n. 64 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741 - “Ulteriori norme per l’accelerazione delle procedure per l’esecuzione di opere pubbliche”.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225 - “Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile”.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996 - “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.

Decreto del Ministro dell’interno 13 Febbraio 2001 - “Adozione dei “Criteri di massima per l’organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi” (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001)”.

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 - “Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59”.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 - “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”.

Legge 9 novembre 2001, n. 401 - “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile”.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 - “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

Legge 27 luglio 2004, n. 186 - “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse”.

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007 - “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni”.

Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - “Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni”.

Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome 13 novembre 2008 - “Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica”.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 giugno 2014, n. 171 - “Attuazione dell’articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l’anno 2013”.

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI

Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20 - “Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio”.

Delibera dell’assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 - “Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.

Legge Regionale 30 ottobre 2009, n. 19 - “Norme per la riduzione del rischio sismico”.

Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1127/2015 - “D.G.R. 1227/2015, “Ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n. 171/2014. Attribuzione contributi a favore degli enti locali. Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica e delle indicazioni per l'archiviazione informatica”.

Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 - “Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112”.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI BUSSETO

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Busseto, come la gran parte dei territori della Regione Emilia Romagna, è stato classificato sismico solo a partire dal 1998 "Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi".

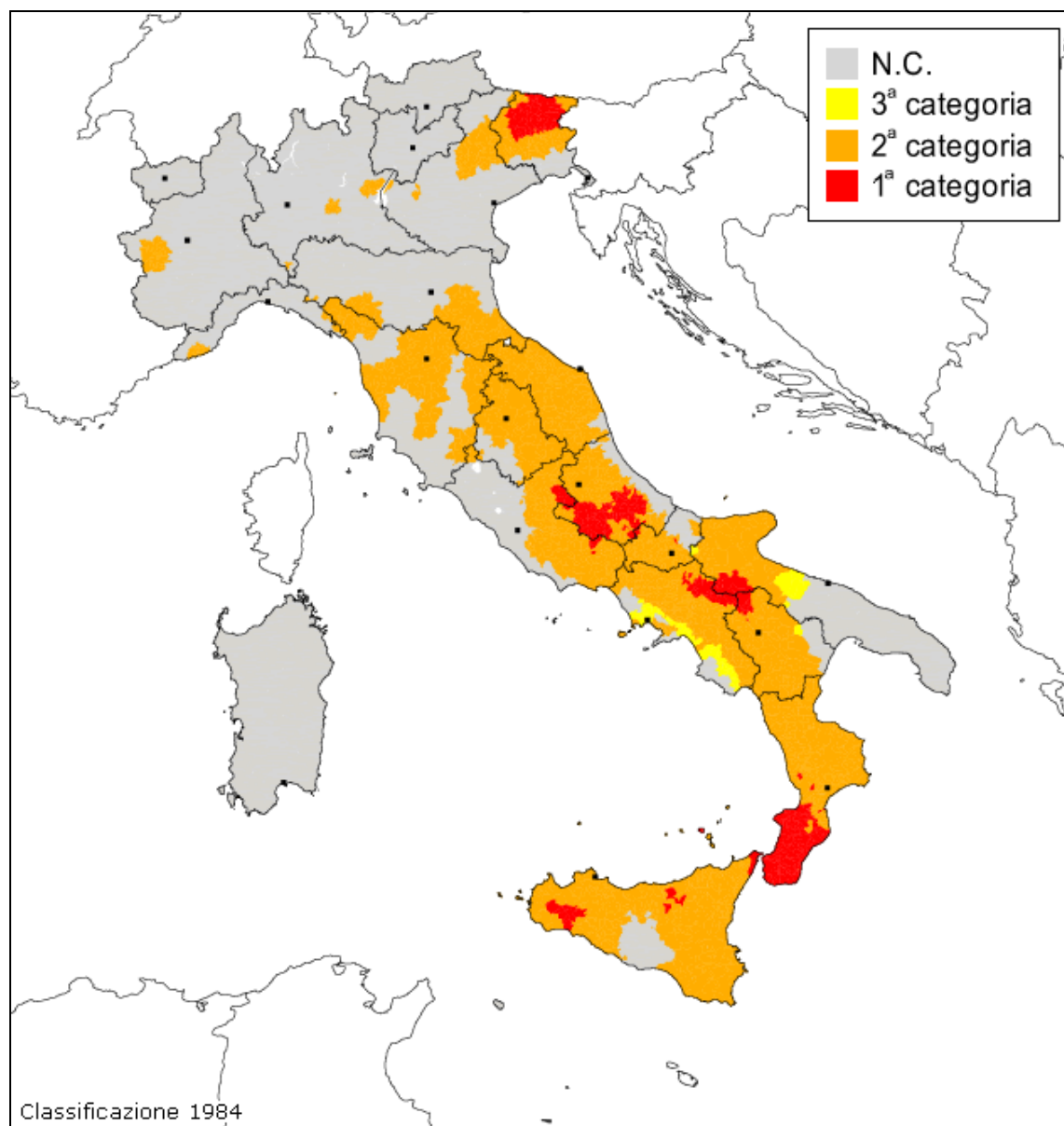


Figura 1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

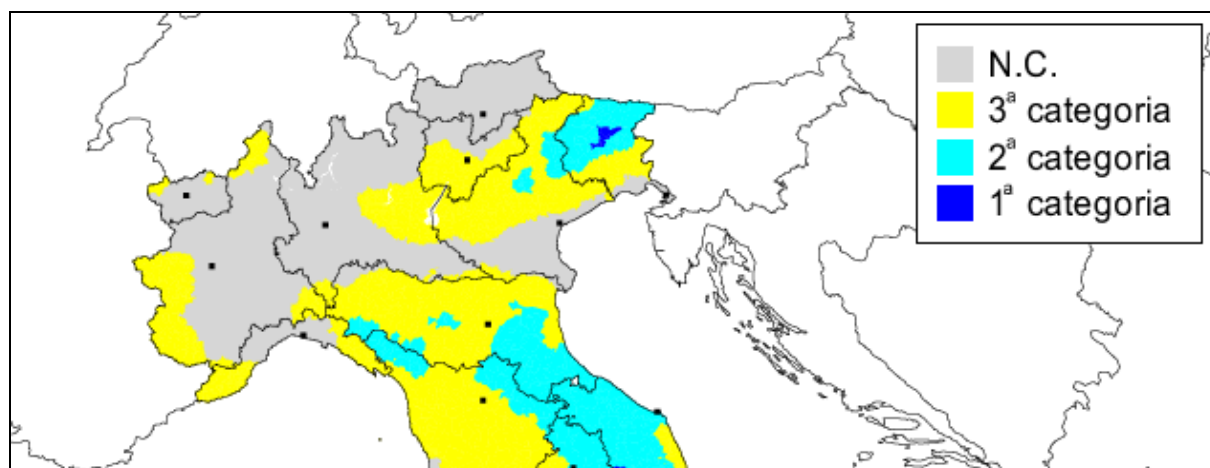


Figura 2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

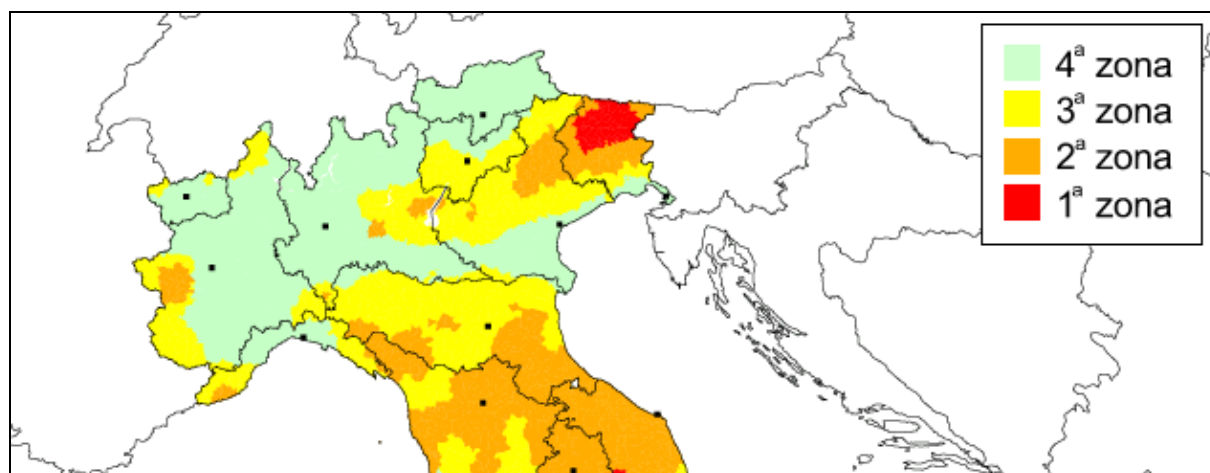


Figura 3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 1: Valori di PGA per le varie zone

Con la deliberazione della Giunta regionale n.1164/2018 pubblicata sul BUR, l'Emilia Romagna ha ufficializzato l'Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni (v. Figura 4).

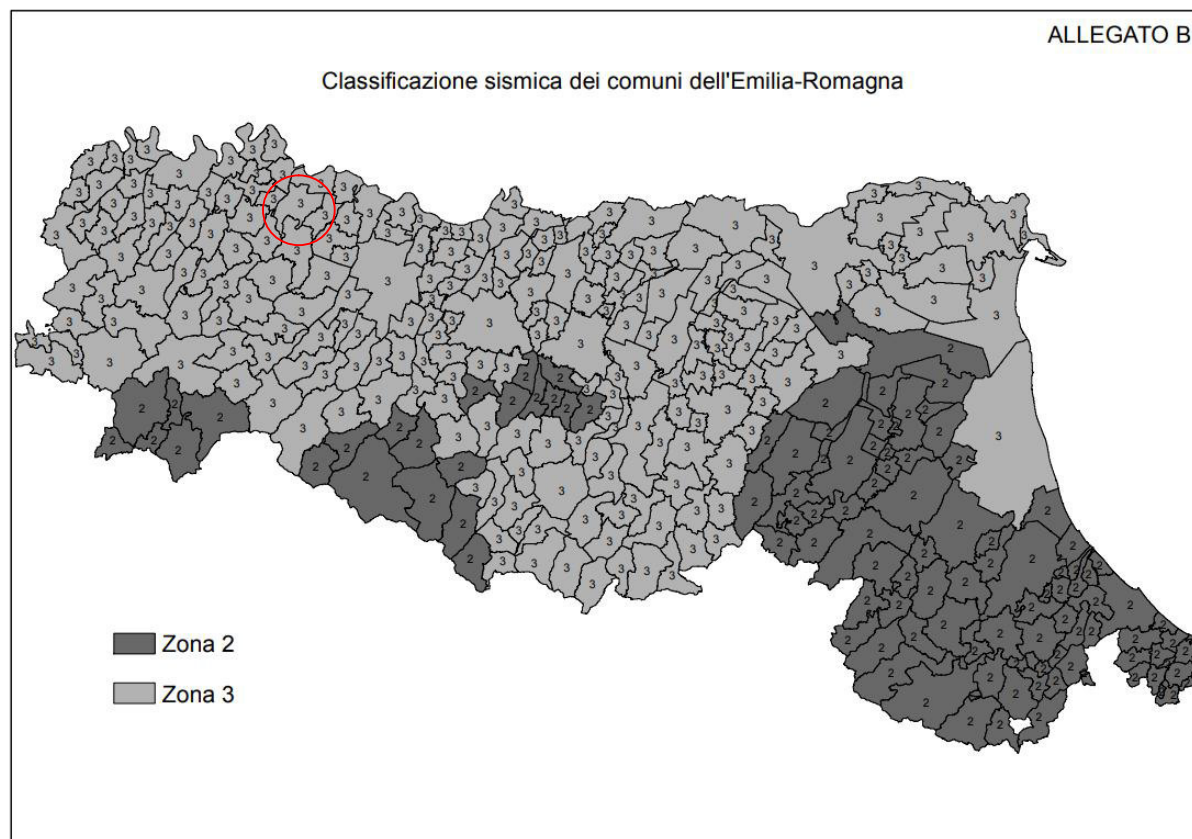


Figura 4: Classificazione sismica Comuni Emilia Romagna

Il territorio comunale di Busseto è classificato in zona 3, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

2.2 SISMICITA' STORICA

La distribuzione della sismicità storica italiana degli ultimi mille anni è consultabile tramite il Catalogo parametrico dei terremoti italiani versione CPTI15 (Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi, Barbara Lolli, Paolo Gasperini, luglio 2016), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Il territorio comunale di Busseto è caratterizzato da una sismicità storica, confrontabile con quella di altri settori della pianura e del pedeappennino parmense e reggiano, che negli ultimi anni hanno avuto terremoti relativamente frequenti di magnitudo compresa fra 4.5 e 5.5.

La sismicità storica del Comune di Busseto è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (a cura di Mario Locati, Romano Camassi, Andrea Rovida, Emanuele Ercolani, Filippo Bernardini, Viviana Castelli, Carlos Hector Caracciolo, Andrea Tertulliani, Antonio Rossi, Raffaele Azzaro, Salvatore D'Amico), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

La sismicità del territorio comunale di Busseto è riassunta graficamente nel diagramma di Figura 5.

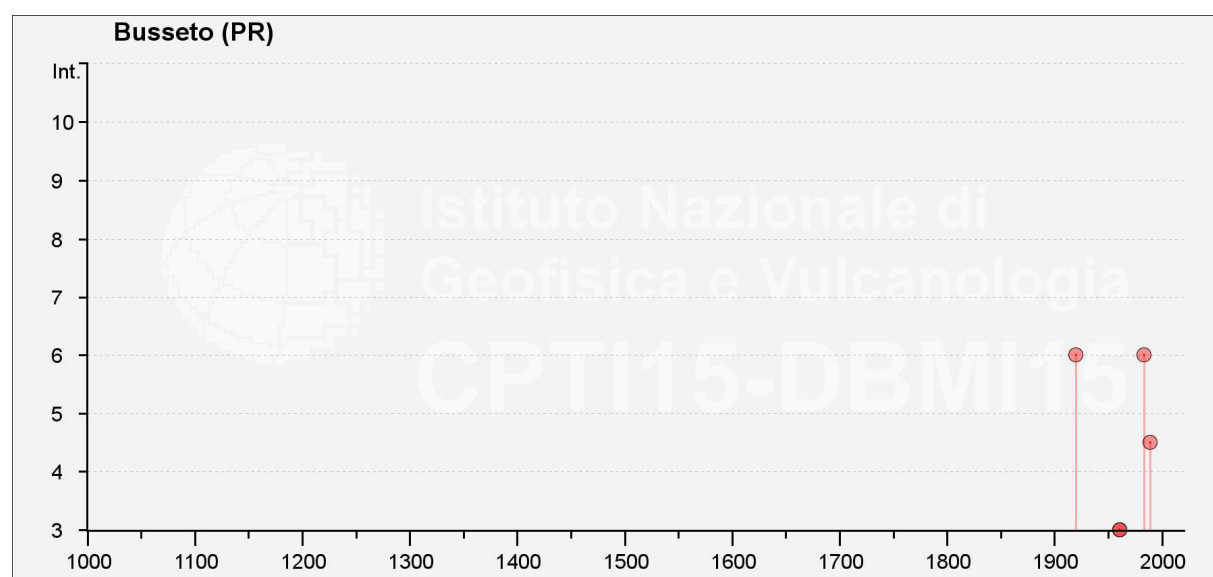


Figura 5: Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di Busseto (nella scala MCS il grado 6 classifica l'inizio del danneggiamento leggero, ma diffuso)

Dall'esame del diagramma di Figura 5, gli episodi più significativi per il Comune di Busseto sono verosimilmente quelli del 1920 e del 1983, che produssero effetti del VI grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

Nella successiva Tabella 2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella Tabella 2 sono indicate, oltre alla stessa intensità al sito (I_s), l'anno, il mese, il giorno, in cui si è verificato, l'area e l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o), e la magnitudo momento (M_w).

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	I _o	M _w
F	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5,63
6	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	10	6,53
3	1961 08 13 22 34 18.00	Parmense	5-6	4,37
3	1961 08 14 01 03 02.00	Parmense	5-6	4,47
6	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	6-7	5,04
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	6	4,43
4-5	1989 09 13 21 54 01.50	Prealpi Vicentine	6-7	4,85

Tabella 2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Busseto

2.3 ZONAZIONE SISMOGENETICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ("Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici").

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Dall'esame della Figura 6 si evince che il Comune di Busseto ricade all'interno della Zona Sismogenetica 913.

Tale zona ricade in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

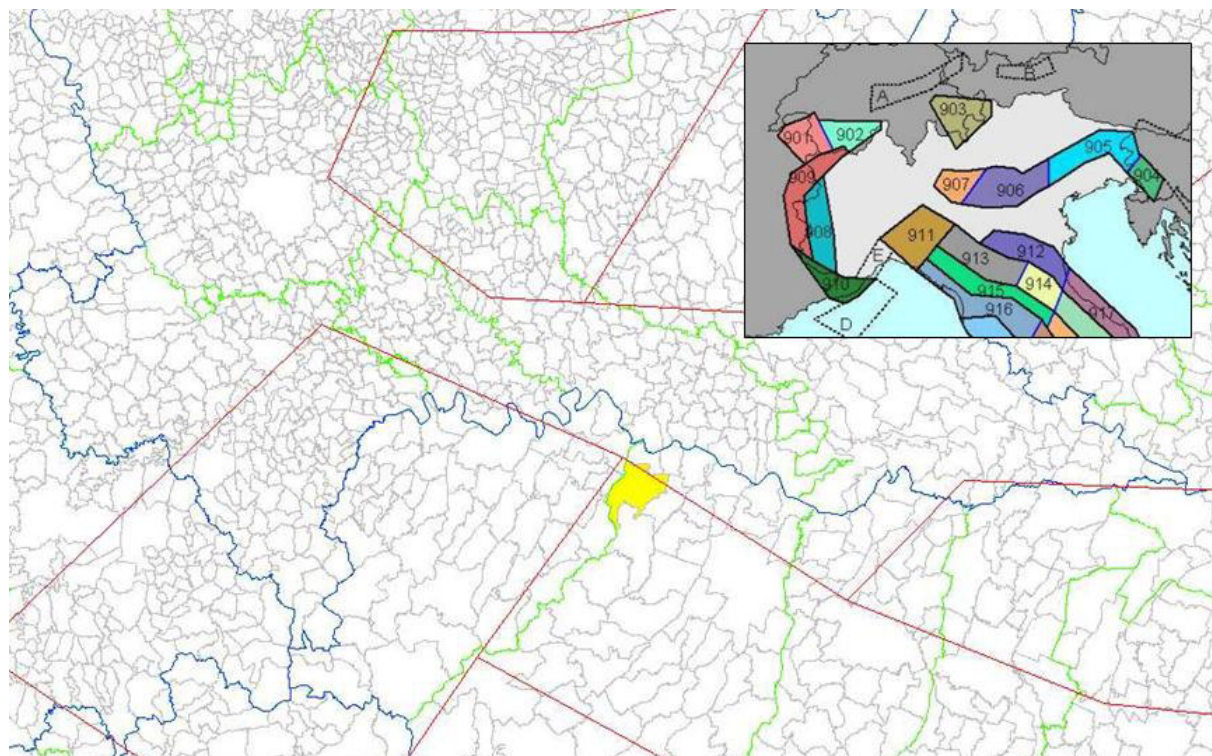


Figura 6: Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Busseto, che occupa una superficie di circa 76,6 km², si sviluppa nella fascia di pianura parmense, caratterizzato da morfologie sub-pianeggianti con quote variabili tra circa 30 e 70 m s.l.m.

Dal punto di vista della caratterizzazione geologica il territorio comunale risulta costituito dalla piana alluvionale costruita dagli apparati fluviali appenninici (in particolare T. Ongina e T. Stirone).

3.1 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE

Il territorio comunale di Busseto ricade nell'area di raccordo fra la parte esterna della catena appenninica strutturata nel Miocene superiore-Pliocene inferiore e il settore padano-adriatico in cui le deformazioni, sepolte, sono prevalentemente Pliocene superiore-quadernarie, parte delle quali tuttora attive.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequadernarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche, la cui strutturazione è il frutto di spinte deformative provenienti da Sud-Ovest, che hanno provocato la deformazione secondo un modello a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (Pieri & Groppi, 1982).

Le grandi direttrici strutturali (fronti di accavallamento, pieghe, faglie), hanno pertanto direzione Nord-Ovest/Sud-Est, analogamente a quanto si riscontra in quasi tutto l'Appennino Tosco-Emiliano.

In tale schema la pianura parmense è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di thrust: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (Pedeappenninic Thrust Front, PTF), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front, ETF), definisce il limite dell'appennino sepolto.

La parte sommitale della copertura sedimentaria del bacino è invece costituita, al di sopra dei depositi pliocenici marini, da sedimenti quadernari che sono suddivisibili, dal basso verso l'alto, in: depositi marini di ambiente prevalentemente litorale, depositi continentali fini riferibili ad ambienti di piana di inondazione alluvionale e depositi continentali grossolani alternati ad argille e limi associabili ad ambienti di conoide alluvionale. Questi ultimi rappresentano i sedimenti più recenti rinvenibili all'interno del bacino.

Tale successione di sedimenti è stata deposta sulla parte frontale del cuneo orogenico appenninico in strutturazione dopo che, con la fase tettonica intramessiniana, la falda ligure nel settore considerato ha cessato di avanzare.

I principali eventi deformativi all'interno della successione padana di wedge top affiorante e sepolta, sono registrati da discontinuità e lacune di vario ordine gerarchico, da corpi caotici e da vari tipi di strutture di crescita.

Nel sottosuolo i depositi di wedge-top della pianura costituiscono un cuneo che si allarga procedendo dal margine appenninico verso nord; all'interno del territorio comunale di Busseto lo spessore massimo di questi depositi arriva ad oltre 150 metri.

3.1.1 STRUTTURE ATTIVE

L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, condotta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione, ha messo in evidenza come parte delle strutture sepolte che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale.

Nello specifico del territorio oggetto del presente Studio di MS, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma e il fronte coincidente con il margine pedeappenninico tra Salsomaggiore e la Val Taro.

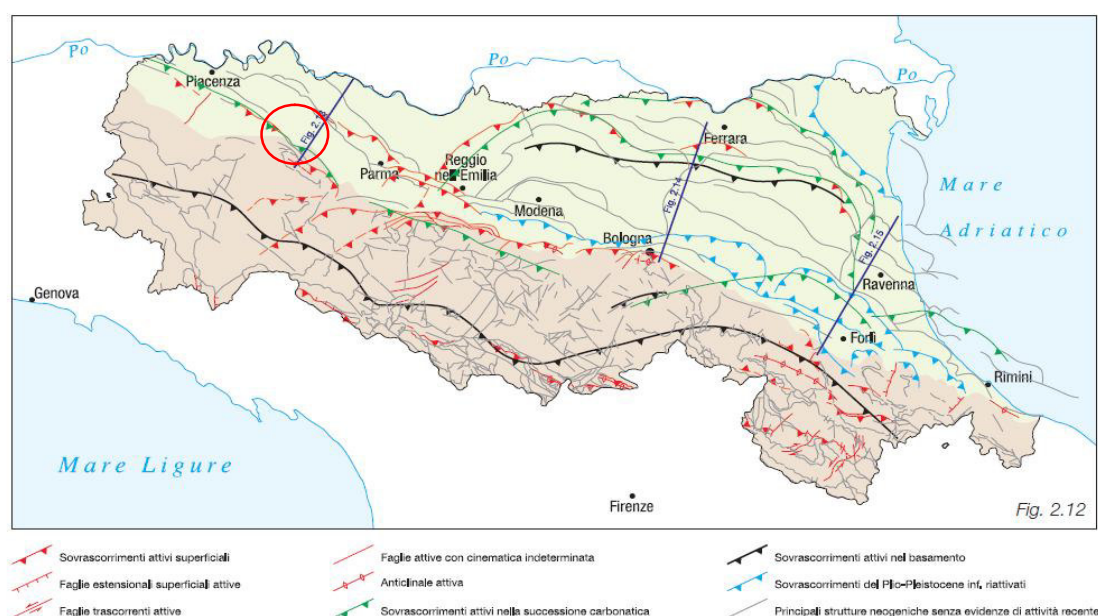


Figura 7: Strutture attive della Regione Emilia Romagna (Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250.000 – SGSS Regione Emilia Romagna a cura di M. Boccaletti e L. Martelli)

Si evidenzia inoltre che, dalle informazioni desumibili dal DISS 3.2 di INGV (Database of individual Seismogenetic Sourced dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), il Comune di Busseto ricade in un a zona sismogenetica composta DISS-ID ITCS009 (Busseto-Cavriago) e nelle vicinanze delle zone DISS-ID ITCS044 (Portalbera-Cremona) e DISS-ID ITCS045 (San Giorgio P.no-Fornovo di Taro).

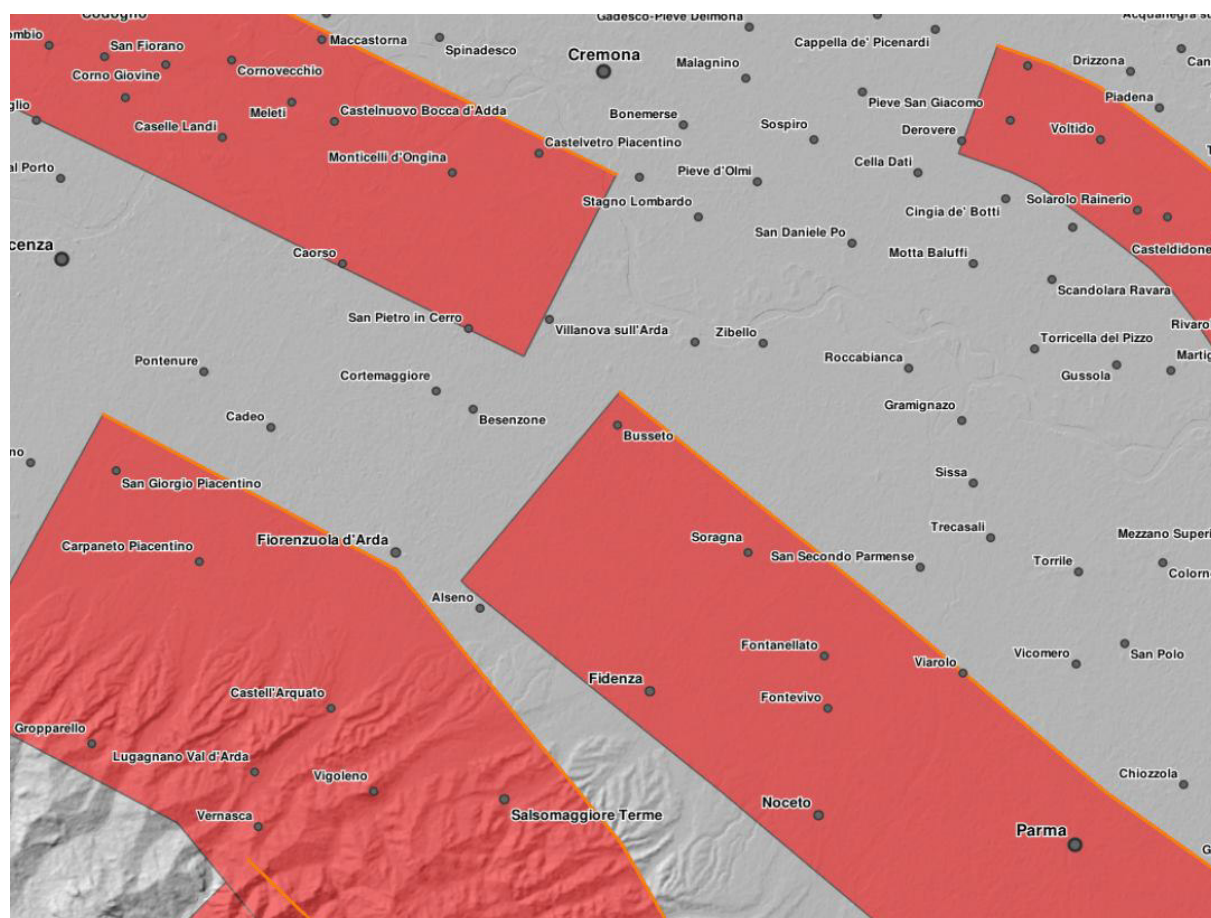


Figura 8: Stralcio Database of individual Seismogenic Sourced dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Gruppo di lavoro DISS (2015). Database delle fonti di sismogenicità individuale (DISS), versione 3.2.0: compilazione di fonti potenziali per i terremoti più grandi di M 5.5 in Italia e nelle aree circostanti. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI: 10,6092 / INGV.IT-DISS3.2.0)

3.2 ASSETTO STRATIGRAFICO GENERALE

I litotipi e le formazioni geologiche affioranti e sepolte nel sottosuolo dell'area di studio vengono di seguito descritte, riprendendo la descrizione contenuta nella "Legenda Geologica della Provincia di Parma" redatta a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna:

3.2.1 DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI

3.2.1.1 AES - Sintema emiliano-romagnolo Superiore

Si tratta di un'unità alluvionale, terrazzata di età compresa tra il pleistocene medio e l'Olocene. Dal punto di vista litologico è costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza dei principali apparati fluviali (depositi di conoide e intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con locali intercalazioni sabbioso-ghiaiose nelle aree di interconoide.

Tale sintema occupa interamente il territorio comunale.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione dei Subsintemi e delle Unità appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore affioranti e sepolti lungo il territorio comunale di Busseto:

AES8a – Unità di Modena (Olocene)

L'unità è costituita da ghiaie e sabbie prevalenti, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Rappresentano depositi alluvionali di conoide distale e di canale. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

AES8 – Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene)

L'unità è costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati ricoperte da una coltre discontinua di limi argillosi. Rappresentano depositi di conoide e intravallivi terrazzati. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

AES7b - Unità di Vignola (Pleistocene sup)

E' rappresentata da depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati, costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi. Localmente possono essere prevalenti depositi del reticolo idrografico secondario costituiti da limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 30 m.

AES3 – Subsintema di Agazzano (Pleistocene medio)

L'unità è costituita da ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti formanti depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa. I depositi intravallivi sono generalmente costituiti da un intervallo basale con ghiaie prevalenti, sovrastato da un intervallo fine, limoso-argilloso. I depositi di conoide ghiaiosa, distali, invece, presentano comunemente un livello fine di spessore metrico alla base dell'unità.

Il contatto di base è erosivo e discordante. Lo spessore risulta variabile da alcuni metri a 55 metri circa (nel sottosuolo della pianura).

AES2A - Unità di Miano (Pleistocene medio)

Sono costituiti da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati. Dal punto di vista litologico sono costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura di limi argillosi. Lo spessore massimo è inferiore a 15 m.

AES1 – Subsistema di Monterlinzana (Pleistocene medio)

Sono costituiti da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati e profondamente incisi. Litologicamente sono costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura di limi. Lo spessore massimo è inferiore a 15 m.

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore è caratterizzato da due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal Fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica.

Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

1. pianura alluvionale ad alimentazione appenninica;
2. pianura alluvionale ad alimentazione assiale (paleoPo).

I suddetti sistemi deposizionali, in profondità si presentano interdigitati tra loro in relazione al tasso di apporto sedimentario, alle oscillazioni eustatiche del livello marino e alle fasi di attività e stasi tettonica, che nel corso del riempimento del bacino padano hanno determinato la continua variazione del depocentro bacinale.

Nel sottosuolo del Comune di Busseto il sistema deposizionale della Pianura alluvionale ad alimentazione appenninica è caratterizzato da depositi prevalentemente fini argillosi e/o limosi attraversati in senso meridiano da corpi nastriformi di ghiaie e sabbie.

Il rapporto tra materiali grossolani e fini risulta generalmente inferiore all'unità.

Oltre i 15 metri di profondità dal piano campagna (a livello del Subsistema di Villa Verucchio) il limite settentrionale della Pianura alluvionale ad alimentazione appenninica, si trova lungo l'allineamento dei centri abitati di Bersano, Roncole Verdi e Soragna. In profondità si rinvengono, infatti, potenti bancate sabbiose, riferibili ad antichi paleoalvei del fiume Po, a testimonianza della migrazione del corso d'acqua medesimo verso nord. Il tratto di pianura, con la successione sedimentaria descritta, è definita anche "Pianura a crescita verticale" o "Pianura alluvionale".

3.2.1.2 AEI - Sistema emiliano-romagnolo inferiore (Pleistocene inf. – Pleistocene medio)

Si tratta di depositi di piana alluvionale e localmente di conoide alluvionale distale, costituiti da limi e limi argillosi prevalenti di colore grigio-azzurro, con intercalazioni ghiaiose le quali, in corrispondenza dei paleo-apparati fluviali principali possono diventare predominanti. Sono frequenti i livelli ricchi in sostanza organica e gasteropodi continentali.

Lo spessore complessivo dell'unità varia da 0 a circa 60 m. Il contatto di base è netto e discordante, talora erosivo.

3.2.2 DEPOSITI QUATERNARI MARINI

3.2.2.1 CMZ - Sintema di Costamezzana (Pleistocene inf.)

Il sintema di Costamezzana è costituito sostanzialmente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord e nord-ovest:

1) Depositi prossimali di delta-conoide costituiti da sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati.

2) Depositi lagunari costituiti da sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche.

3) Depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina costituiti da sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana.

Lo spessore complessivo dedotto dall'esame delle linee sismiche AGIP risulta variabile da 0 ad oltre 400 m circa.

4 ELABORATI CARTOGRAFICI

4.1 CARTA DELLE INDAGINI

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata per un'area più estesa di quelle oggetto dello studio, allo scopo di comprendere e documentare il modello geologico preliminare e i fenomeni naturali che possono interessare le aree e avere implicazioni nella MS .

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dalla Società AMBITER S.r.l. o dall'Ufficio tecnico del Comune di Busseto.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (23), sondaggi a carotaggio continuo (7), prove penetrometriche statiche (23) e indagini geofisiche tipo MASW (4), HVSR (9) e REMI (1).

In considerazione della densità di dati provenienti da indagini geotecniche in sito si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di ulteriori 28 analisi dei microtremori HVSR, 13 ReMi e 3 prove penetrometriche con piezocono (CPTU).

Le indagini sono rappresentate, in forma simbolica per tipologia, seguendo lo schema della Figura 1.1.1-1 della Legenda della Carta delle indagini del Documento "Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.0b".

Il simbolo di ciascuna indagine è corredato da un suffisso che ne indica la sigla con la quale sono state identificate nel Software per l'archiviazione delle indagini per la MS.

I dati provenienti dalle stratigrafie di pozzo dagli archivi del SGSS della Regione Emilia Romagna sono stati nominati con lo stesso suffisso indicato nella Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna e non archiviati nel Software (SoftMS Versione 4.0.1) per l'archiviazione delle indagini per la MS.

L'ubicazione delle indagini disponibili è riportata in **Tav. 01 - Carta delle indagini**

4.1.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW consente di ottenere una curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz. Tramite un processo di inversione iterativo è possibile risalire, a

partire dalla curva di dispersione di sito, al profilo verticale delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri (VS30).

Sigla	Velocità onde di taglio nei primi 30 m	
	m/s	
L1	258	
L2	323	
L3	243	
L4	247	

Tabella 1 - Riepilogo indagini MASW disponibili

4.1.2 Stazione Microtremore a stazione singola

La tecnica a singola stazione HVSR si basa sull'analisi dei rapporti spettrali fra le componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale e permette di identificare con buona approssimazione le frequenze di risonanza del sottosuolo (Nakamura, 1989; Bard, 1999; Mucciarelli e Gallipoli, 2001).

In totale sono stati monitorati 37 siti dei quali 28 eseguiti per la redazione del presente studio di microzonazione sismica e 9 disponibili da indagini pregresse.

Sigla	Frequenza f_1 (Hz)	Rapporto spettrale H/V
P1	0,77	2,27
P2	10,28	1,5
P3	0,66	2,6
P4	63,28	2,5
P5	0,94	2
P6	1,02	2,78
P7	0,64	3,2
P8	0,91	1,97
P9	0,88	1,87
P10	0,64	0,95
P11	0,64	1,1
P12	0,7	1,09
P13	0,64	0,81
P14	0,57	1,03
P13	0,72	1,04
P16	0,65	1,21
P17	0,76	0,88

Sigla	Frequenza f_1 (Hz)	Rapporto spettrale H/V
P18	0,9	1,04
P19	1,97	0,79
P20	0,75	0,79
P21	0,89	0,68
P22	1,58	0,9
P23	0,71	1,59
P24	0,59	1,13
P25	0,63	1,05
P26	1,88	1,45
P27	0,65	0,89
P28	0,58	0,96
P29	1,07	1,7
P30	0,66	1,39
P31	0,98	1,63
P32	0,67	1,36
P33	0,81	0,95
P34	0,75	1,58
P35	1,02	2,64
P36	0,68	0,71
P37	0,99	3,41

Tabella 2 - Riepilogo indagini HVSR disponibili

4.1.3 Prova Refraction Microtremors

L'analisi dei microtremori presenti nel sottosuolo consiste nel trasformare le registrazioni effettuate in spettri bidimensionali di tipo "slowness-frequency" che permettono, attraverso un picking manuale, la definizione di una curva di dispersione caratteristica del moto sismico in superficie, strettamente correlata ai valori V_s relativi ai terreni prossimi alla superficie.

L'inversione di questa curva consente di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde S con la profondità.

Sigla	Velocità onde di taglio nei primi 30 m
	m/s
L5	441
L6	221
L7	225
L8	224
L9	232
L10	251
L11	301
L12	248
L14	238
L15	239
L16	236
L17	245
L18	295
L19	256

Tabella 3 - Riepilogo indagini ReMi disponibili

4.1.4 Sondaggio a carotaggio continuo

Il sondaggio a rotazione a carotaggio continuo è realizzato mediante l'utilizzo di sonde perforatrici che utilizzano attrezzature a rotazione idraulica, con carotieri semplici della lunghezza da 150 cm e di diametro esterno pari a 101 mm.

Nel territorio comunale sono disponibili 7 sondaggi a carotaggio continuo.

Sigla	Ubicazione	Profondità raggiunta
		m
P38	Roncole Verdi	12
P39	Roncole Verdi	12
P40	Busseto	10
P41	Busseto	10
P42	Busseto	10
P43	Busseto	10
P44	Castione Marchesi	25

Tabella 4 - Riepilogo sondaggi a carotaggio continuo disponibili

4.1.5 Prove penetrometriche statiche

Le prove penetrometriche statiche costituiscono uno standard ormai consolidato nell'indagine in terreni coesivi (limi e argille) e sabbiosi. Le prove sono realizzate in conformità alle specifiche ASTM (D 3441-86) e alla "Raccomandazione" ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1989).

Nel territorio comunale la banca dati della Regione Emilia Romagna rende disponibili n.23 prove penetrometriche statiche.

Sigla	Ubicazione	Profondità raggiunta (m)	Sigla	Ubicazione	Profondità raggiunta (m)
P45	Busseto capoluogo	10	P57	loc. Frescarolo	8
P46	Busseto capoluogo	9	P58	loc. Frescarolo	10
P47	Busseto capoluogo	10	P59	loc. Madonna dei Prati	20
P48	Busseto capoluogo	10	P60	loc. Samboseto	10
P49	Busseto capoluogo	10	P61	loc. Roncole	10
P50	Busseto capoluogo	10	P62	loc. Roncole	10
P51	Busseto capoluogo	10	P63	loc. Roncole	10
P52	Busseto capoluogo	10	P64	loc. Contrada della Chiesa	10
P53	Busseto capoluogo	10	P65	loc. Contrada della Chiesa	10
P54	Busseto capoluogo	15	P66	loc. S. Andrea	3
P55	loc. Spigarolo	11	P67	loc. S. Rocco	10
P56	loc. Frescarolo	10			

Tabella 5 - Riepilogo prove penetrometriche disponibili

Ad integrazione delle indagini disponibili sono state effettuate ulteriori tre prove penetrometriche elettriche con piezocono:

Sigla	Ubicazione	Profondità raggiunta (m)
P68	loc. Frescarolo	15
P69	loc. S. Andrea	17
P70	loc. S. Rocco	15

Tabella 6 - Riepilogo prove penetrometriche con piezocono CPTU

4.1.6 Pozzi per acqua

I pozzi per acqua sono dei sondaggi a distruzione di nucleo dai quali è possibile ricostruire, anche se non in modo dettagliato, il profilo stratigrafico del sottouolo.

Nel territorio comunale sono disponibili molteplici profili stratigrafici, di questi sono stati considerati i seguenti:

Sigla	Ubicazione	Profondità Raggiunta	Sigla	Ubicazione	Profondità Raggiunta
		m			m
181010P639	Sant'Andrea	30	181010P646	Frescarolo	130
181010P644	Gazzolo	25	181020P635	Madonna dei Prati	69
181010P681	Cascina Reti	38	181020P601	Fienilvecchio	20
181010P638	Viale A. Ziliani	215	181020P633	Samboseto	20
181010P682	Viale A. Ziliani	97	181020P614	S.C. Cinquevie	47
181010P669	Viale A. Ziliani	56	181020P635	S.C. Cinquevie	69
181010P619	Viale A. Ziliani	60	181020P631	Samboseto	80
181010P692	Viale A. Ziliani	60	181020P608	Podere Rizzo	131
181010P665	Via Arrigo Boito	32	181010P640	La Cascina	48
181010P668	Bottone	25	181010P654	Bassa de Maj	22
181010P630	Podere Martello	24	180080P639	San Rocco	52

Tabella 7 - Riepilogo pozzi disponibili

4.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, idrogeologia) tratte dalle seguenti cartografie ed elaborati esistenti:

- Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Carta Geologica in scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

La scala di rappresentazione della Carta Geologico tecnica è 1:5.000.

La rappresentazione cartografica dei terreni di copertura raffigura la litologia prevalente di tali depositi nei primi 20÷30 metri di profondità dal p.c.

Per la descrizione della litologia delle coperture è stato utilizzato il metodo *Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM, 1985).

La rappresentazione, in forma simbolica per tipologia, è stata realizzata seguendo lo schema della Figura 1.1.2-1 - Legenda della Carta della Carta Geologico tecnica del Documento “Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.0b”.

Per la comprensione degli aspetti litostratigrafici nel sottosuolo e per schematizzare in forma sintetica i dati disponibili, sono state costruite n. 5 sezioni profonde e n.11 sezioni superficiali (ca 20÷30 metri di profondità), ricostruite sulla base delle indagini geognostiche disponibili e sulla base delle sezioni geologiche “pubblicate” nei tratti ricadenti all’interno e nei pressi del territorio comunale di Busseto, disponibili al sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/sezioni-geologiche-prove-geognostiche-pianura>.

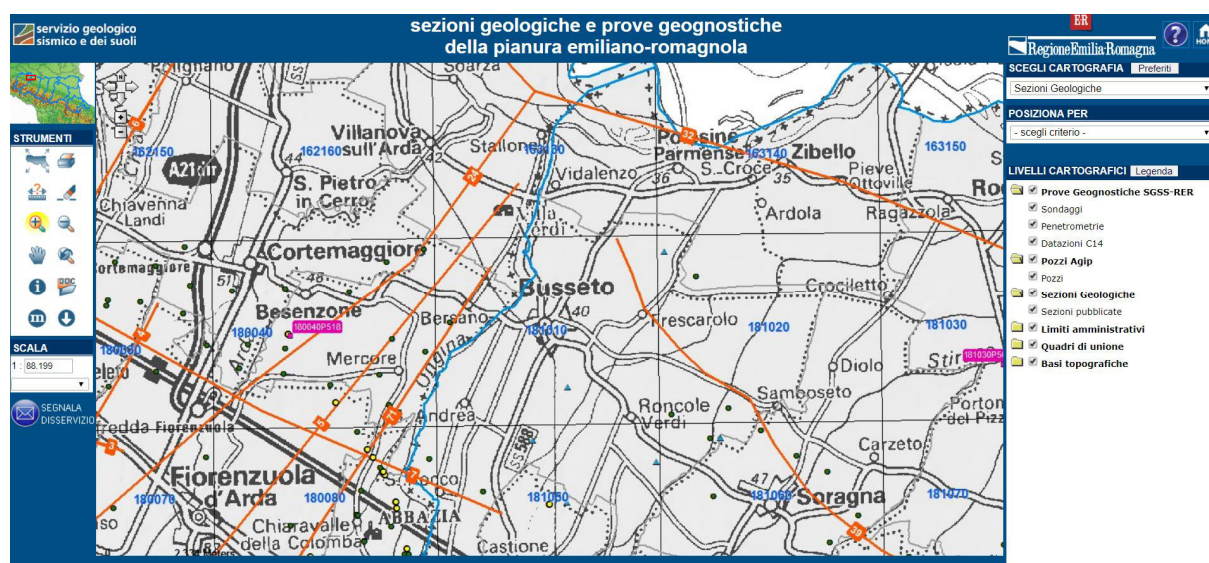


Figura 9: Traccia della sezioni “pubblicate” ricadenti nel territorio comunale di Busseto(da “Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola” del SGSS della Regione Emilia Romagna)

4.2.1 Caratteristiche geologiche dei depositi affioranti

I depositi affioranti nel territorio comunale di Busseto sono stati cartografati nella Tav. 02 - Carta geologico tecnica alla scala 1:5.000. Le unità geologiche definite in legenda sono state individuate sulla base delle loro caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e pedologiche (profilo di alterazione dei suoli; per una sezione verticale con spessore di almeno 1,5 m).

I depositi affioranti nel territorio comunale appartengono al Subsistema di Ravenna (AES8) e presentano uno spessore apparentemente omogeneo in tutto il territorio comunale di circa 15-20 metri. Il tetto affiorante dell’Allomembro di Ravenna è noto come unità Modena (AES8a), costituita da una successione sedimentaria la cui deposizione è inquadrabile nell’ambito degli eventi alluvionali che hanno caratterizzato gli ultimi 1.500 anni di storia evolutiva (post IV-VII sec. d.C.).

Nell'area in esame l'unità Modena (AES8a) risulta caratterizzata da depositi di argine/barra/canale e depositi di piana inondabile costituiti prevalentemente da argille, limi inorganici, sabbie limose e sabbie.

4.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica costituisce il documento fondamentale del Livello 1 di approfondimento degli studi di MS.

La Carta è stata elaborata sulla base dei dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici, geofisici riportati nella Carta Geologico tecnica e nella Carta delle indagini, descritte nei capitoli precedenti.

In base ai dati raccolti il territorio indagato è stato suddiviso in categorie che presentano caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e geomeccaniche simili, in grado di fornire risposte sismiche locali assimilabili.

Inoltre nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sono indicati i vari elementi e forme morfologiche (soggiacenza della falda, orlo di terrazzi, paleoalvei, frane ecc..) in grado di influenzare il moto sismico in superficie.

La legenda della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, indicata nel Documento "Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.0b" prevede la suddivisione del suolo in tre classi differenti:

- a) **Zone stabili:** nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive);
- b) **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) **Zone di attenzione per instabilità:** corrispondono alle "zone suscettibili di instabilità" originariamente previste da ICMS (2008) e che vengono riferite al Livello 1 degli studi di MS. Tale denominazione (Zona di Attenzione, ZA) si è resa necessaria per indicare che nella carta delle MOPS, tali zone hanno un livello di approfondimento comparabile con le altre zone di questo livello e pertanto non possono essere ancora classificate come zone effettivamente instabili, fintanto che non vengano effettuati approfondimenti di tipo quantitativo.

Le Zone di Attenzione (ZA) per le principali instabilità sono distinte con un gruppo di lettere in pedice:

- instabilità di versante, in pedice FR (ZA_{FR});
- liquefazioni, in pedice LQ (ZA_{LQ});

- faglie attive e capaci, in pedice FAC (ZA_{FAC});
- cedimenti differenziali, pedice CD (ZA_{CD});
- sovrapposizione di instabilità differenti, in pedice ID (ZA_{ID})

Nel porzione di territorio indagato sono state individuate le seguenti zone:

a) **Zone di attenzione per instabilità (Possibili fenomeni di liquefazione)**

- **Zona 30522001:** Aree di pianura con spessa copertura di origine alluvionale e substrato geologico non rigido stimato sulla base delle indagini geognostiche alla profondità di oltre 100 metri. Il substrato geologico è composto dall'alternanza di terreni coesivi sovraconsolidati (CO) e terreni granulari debolmente cementati (GR).

La stratigrafia nei primi 30 m dal piano campagna è caratterizzata da uno strato superiore composto da una miscela di argille e limi, in subordine sabbie, e da uno strato inferiore di sabbie e sabbie debolmente ghiaiose. Lo strato superiore per l'alto contenuto di frazione fine presenta ai fini cautelativi un comportamento coesivo con medio-bassi valori di resistenza al taglio e medio-alti indici di compressibilità. Lo strato inferiore costituito da terreni mediamente densi e densi presenta invece un comportamento granulare con medio-alti valori di resistenza al taglio e medio-bassi indici di compressibilità. La soggiacenza della falda risulta sempre inferiore a 15 metri di profondità.

La velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità presenta valori medi di $V_s = 230 - 250$ m/s, mentre le frequenze naturali del terreno sono comprese tra 0.6 e 0.9 Hz.

- **Zona 30522002:** Aree di pianura con spessa copertura di origine alluvionale e substrato geologico non rigido stimato sulla base delle indagini geognostiche alla profondità di oltre 100 metri. Il substrato geologico è composto dall'alternanza di terreni coesivi sovraconsolidati (CO) e terreni granulari debolmente cementati (GR).

La stratigrafia nei primi 30 m dal piano campagna è caratterizzata da uno strato superiore composto da una miscela di limi e argille, da uno strato intermedio di sabbie e sabbie debolmente ghiaiose e da uno strato inferiore di argille e argille limose. Lo strato superiore per l'alto contenuto di frazione fine presenta ai fini cautelativi un comportamento coesivo con bassi valori di resistenza al taglio e alti indici di compressibilità. Lo strato intermedio costituito da terreni mediamente densi e densi presenta invece un comportamento granulare con medio-alti valori di resistenza al taglio e medio-bassi indici di compressibilità. Lo strato inferiore, costituito da terreni mediamente consistenti, presenta infine un comportamento coesivo con medio-bassi valori di resistenza al taglio e medio-alti indici di compressibilità.

La soggiacenza della falda risulta sempre inferiore a 15 metri di profondità. La velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità presenta valori medi di $V_s = 260$ m/s, mentre le frequenze naturali del terreno sono comprese tra 0.7 e 1.0 Hz.

4.4 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta di microzonazione sismica (Livello 2) è stata elaborata tenendo conto delle indicazioni della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello 1) e della simulazione numerica dei fattori di amplificazione, ottenuta mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015.

I Fattori di Amplificazione rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A.

Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2. II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2018), come segue: *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Le tabelle contenute negli Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica (predisposte per le analisi di secondo livello) sono relative ai differenti ambienti geo-litologici omogenei individuati nel territorio regionale:

- 1) zona collinare e montana (Appennino);
- 2) pianura e zona costiera;
- 3) settore di transizione Appennino-Pianura (Margine).

Tali tabelle contengono i fattori di amplificazione sismica in funzione dei seguenti parametri che caratterizzano la situazione lito-stratigrafica locale: V_{sH} e V_{s30} .

Nel primo (V_{sH}) è necessaria la valutazione dello spessore totale dei depositi di copertura (H), ovvero della profondità del bedrock e della corrispondente velocità media calcolata con la seguente relazione:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

dove N è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura, h_i e $V_{s,i}$ sono, rispettivamente, lo spessore e la velocità delle onde S dello strato i-esimo.

Nel secondo caso (V_{s30}) è necessaria la valutazione della velocità media nei primi 30 metri di profondità calcolata con la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

dove M è il numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 metri.

I Fattori di Amplificazione sismica (F.A.) sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico. Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (PGA), il secondo è l'intensità spettrale :

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T_0, \varepsilon) dT_0$$

dove PSV è il pseudo spettro di risposta in velocità, T_0 è il periodo proprio e ε è lo smorzamento.

Considerando uno smorzamento ξ del 5% vengono valutati tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1: $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2: $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

SI3: $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

In considerazione dell'assetto litostratigrafico ricostruito, il territorio comunale di Busseto è stato considerato assimilabile all'ambiente geolitologico "Pianura 2" previsto nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015.

L'ambiente PIANURA 2 è definito come *settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.*

Nella valutazione dei fattori di amplificazione sono stati utilizzati i valori di V_{s30} , facendo riferimento alla seguente tabella:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Pianura 2. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3**.

La carta di Microzonazione sismica elaborata per le aree urbanizzate e suscettibili di urbanizzazione del territorio comunale di Busseto (v. Tavv. 07a-07b-07c-07d), evidenzia i seguenti valori dei fattori di amplificazione:

località	Zona	Ambiente	Vs30 (m/s)	FA PGA	FA SI1	FA SI2	FASI3
Busseto	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Spigarolo	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Semoriva	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Madonna dei Prati	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Frescarolo	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Sant'andrea	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Contrada della Chiesa	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Roncole Verdi	30522001	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
San Rocco	30522002	Pianura 2	250	1,7	1,9	2,7	2,9
Samboseto	30522001	Pianura 2	300	1,6	1,8	2,4	2,5

Tabella 3: Sintesi dei fattori di amplificazione dovuti all'assetto stratigrafico

5 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

Il presente studio di microzonazione sismica del Comune di Busseto, sulla base delle indagini e delle analisi eseguite, consente di effettuare le seguenti considerazioni:

- 1) Il territorio del comune di Busseto si colloca nel bacino sedimentario della pianura padana e la natura e lo spessore dei depositi alluvionali che contrassegnano il profilo stratigrafico determinano condizioni di amplificazione dell'accelerazione sismica sia verticale che orizzontale in caso di terremoto.
- 2) Le indagini geognostiche e geofisiche disponibili e realizzate ex novo per il presente Studio di Microzonazione Sismica hanno portato alla suddivisione delle aree urbanizzate e di futura urbanizzazione in 2 microzone omogenee in prospettiva sismica.
- 3) Le indagini geofisiche evidenziano, in termini di frequenze naturali del sottosuolo e di velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità, condizioni di omogeneità da nord a sud e da est ad ovest, all'interno dell'intero territorio comunale.
- 4) Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica di tipo stratigrafico in tutto il territorio comunale.
- 5) In considerazione dell'assetto litostratigrafico ricostruito, il territorio comunale di Busseto è stato considerato assimilabile all'ambiente "Pianura 2" previsto nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015.
- 6) In relazione ai valori di Vs30 registrati dalle indagini MASW e ReMi disponibili, è stato possibile calcolare (tramite l'utilizzo degli abachi dell'allegato A2.1.2 degli Indirizzi Regionali) valori dell'amplificazione in termini di PGA pari a circa 1.6 - 1.7 in tutto il territorio comunale.
- 7) Per quanto riguarda le frequenze fondamentali del terreno, tramite le rilevazioni dei microtremori è stato possibile riscontrare valori generalmente ricompresi nell'intervallo 0,6-1 Hz.
- 8) In relazione all'assetto altimetrico e alla morfologia sub-pianeggiante delle aree considerate, non sono possibili effetti di amplificazione locale dovuti all'assetto topografico.
- 9) In considerazione della ridotta soggiacenza della falda lungo tutto il territorio comunale, della presenza diffusa di depositi sabbiosi a partire dalle profondità di circa 5-10 metri da p.c. e della magnitudo massima attesa ($M_{wmax2} = 6,14$), sono possibili fenomeni di liquefazione dei terreni.
- 10) per quanto indicato al punto 9, le microzone omogenee in prospettiva sismica individuate dal presente Studio sono state classificate come Zone di attenzione per instabilità per possibili fenomeni di liquefazione. Per tali aree si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello.

ALLEGATO 1

INDAGINI GEOFISICHE TIPO MASW E REMI

ALLEGATO 2

ANALISI DEI MICROTREMORI HVSR

ALLEGATO 3

INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI DALL'ARCHIVIO COMUNALE