

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Emilia-Romagna Comune di Montiano




Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	<b>Antoniazzi - Studio Associato</b> (capogruppo/mandatario) Dott. Geol. Alberto Domenico Antoniazzi Dott. Geol. Aldo Antoniazzi (Legale Rappresentante)  Dott. Geol. Stefano Castagnetti (mandante) Dott. Arch. Sara Emanuelli (mandante) Dott. Geol. Maurizio Moroni (mandante) Dott. Geol. Alfredo Ricci (mandante)  Collaboratori: Dott. Geol. Marco Baldi Dott. Geol. Gian Marco Veneziani	Aprile 2019

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

## INDICE

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO .....	2
GRUPPO DI LAVORO .....	2
ELABORATI .....	3
1. INTRODUZIONE .....	4
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....	8
2.1. Inquadramento geografico .....	8
2.2. Inquadramento geologico .....	9
2.3. Caratteristiche sismotettoniche .....	13
2.4. Storia sismica .....	16
2.5. Classificazione sismica .....	19
2.6. Pericolosità sismica .....	20
3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....	22
3.1. Acquisizione ed elaborazione dei dati .....	22
3.2. Sondaggi e penetrometrie .....	23
3.3. Prove geofisiche .....	23
4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO .....	24
5. DETERMINAZIONI ED INCERTEZZE .....	25
6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI .....	27
6.1. Prima fase del lavoro .....	27
6.2. Seconda fase del lavoro .....	27
6.3. Terza fase del lavoro .....	28
7. ELABORATI CARTOGRAFICI .....	29
7.1. Carta delle indagini .....	29
7.2. Carta geologico-tecnica per microzonazione sismica .....	29
7.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni .....	30
7.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica .....	30
7.5. Carta delle velocità delle onde di taglio S .....	33
7.6. Carte di microzonazione sismica .....	33
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	36

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	1 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

## RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Arch. Emanuela Antoniaci  
 Servizio Associato Edilizia - Urbanistica, dell'Unione dei Comuni Valle Savio

## GRUPPO DI LAVORO

### Soggetto Incaricato

ANTONIAZZI STUDIO ASSOCIATO  
 di Geologia Tecnica e Ambientale



Professionisti	Professione	Principali competenze
Dott. Aldo Antoniazzi (Coordinatore)	Geologo	Pianificazione territoriale, idrogeologia, meccanica delle terre e rocce, Protezione Civile, Microzonazione sismica, sistemi informativi territoriali e coordinamento generale.
Dott. Alberto Domenico Antoniazzi	Geologo	Pianificazione territoriale, geopedologia e geomorfologia applicata.
Dott. Stefano Castagnetti	Geologo	Pianificazione territoriale, Microzonazione Sismica, Protezione Civile e CLE.
Dott.ssa Sara Emanuelli	Architetto	CLE, analisi strutturali e Protezione Civile.
Dott. Alfredo Ricci	Geologo	Pianificazione territoriale, idrogeologia, esplorazione del sottosuolo e geotecnica.
Dott. Maurizio Moroni	Geologo	Geofisica applicata alla pianificazione territoriale e progettazione ed analisi Microzonazione Sismica.

### Collaboratori e specialisti

Dott. Geol. Marco Baldi  
 Dott. Geol. Gian Marco Veneziani

### Esecuzione indagini

Dott. Geol. Maurizio Moroni (indagini geognostiche e geofisiche)

### Fonte dati


Uffici Tecnici Comunali - Comune di Montiano  
 Provincia di Forlì-Cesena  
 Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna  
 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	2 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

## ELABORATI

- Relazione illustrativa
- Carta delle indagini in scala 1:10.000
- Carta geologico tecnica in scala 1:10.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:10.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:10.000
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA<sub>PGA</sub> in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA<sub>IS 0,1 - 0,5 s</sub> in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA<sub>IS 0,5 - 1,0 s</sub> in scala 1:10.000

 <b>ANTONIAZZI</b> <small>GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE          GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	3 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

## 1. INTRODUZIONE


Nella presente Relazione illustrativa sono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nell'ambito dello studio di Microzonazione sismica di I e II livello e Condizione Limite per l'Emergenza del territorio comunale di Montiano, realizzato su incarico del Comune di Montiano in Provincia di Forlì-Cesena (contratto del 28/06/2018). Questo studio è stato finanziato con il contributo attribuito dalla Regione Emilia-Romagna con determinazione dirigenziale n. 12555 del 31/07/2017, pubblicata sul B.U.R. n. 239 del 23/08/2017, portante ad oggetto "Approvazione del secondo elenco di Comuni destinatari dei contributi per studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite di emergenza di cui all'O.C.D.P.C. n. 344/2016 e D.C.D.P.C. del 21 giugno 2016" che modificando la precedente Determina n. 8757/2017 ha approvato l'assegnazione al Comune di Montiano di un contributo per interventi di prevenzione del rischio sismico e precisamente per la redazione della microzonazione sismica del territorio comunale con approfondimenti del I e II livello, con analisi della Condizione Limite per l'Emergenza secondo i criteri e le indicazioni fissate dalla D.G.R. 2188 del 13/12/2016, con particolare riferimento a quanto precisato negli Allegati A e B della sopracitata deliberazione.

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS), secondo le indicazioni della Protezione Civile, hanno l'obiettivo di razionalizzare le conoscenze in merito alle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie e di fornire in merito informazioni utili al governo del territorio, alla progettazione, alla pianificazione per l'emergenza e alla ricostruzione post sisma. Questi studi si riferiscono essenzialmente alle aree in cui il quadro normativo consente o prevede: l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la trasformazione a tali fini, l'uso per esigenze di Protezione Civile.

Gli studi di Microzonazione Sismica suddividono dettagliatamente il territorio preso in esame in base alla presenza e alla distribuzione dei fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento, legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle singole aree considerate ed ai possibili fenomeni di instabilità e deformazione permanente in esse attivati dal sisma. L'insieme di queste circostanziate conoscenze sul comportamento dei terreni durante un evento sismico e sui possibili effetti indotti dallo scuotimento, è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace, se realizzato e applicato durante la pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte verso le aree meno pericolose.

Nell'ambito dell'attuazione del presente studio di Microzonazione Sismica e analisi della Condizioni Limite per l'Emergenza del territorio comunale e, in particolare, nella predisposizione e redazione degli elaborati richiesti, sono stati seguiti gli indirizzi forniti dai seguenti documenti tecnici:

- ♦ Allegato A della Deliberazione della Giunta Regionale 21 dicembre 2015, n. 2193: "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".
- ♦ "Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della condizione limite per

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	4 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

l'emergenza, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 e decreto del 15 aprile 2013 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta Regionale n. 1919 del 16.12.2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli Enti Locali" (Allegato D della delibera regionale).


- ◆ "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 4.0b, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (SRAI).
- ◆ "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (ICMS).

Gli studi di Microzonazione Sismica, attuati in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici menzionati, sono in genere articolati nei seguenti tre livelli di approfondimento:

- **PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**, con:
  - definizione del modello geologico di base per la microzonazione sismica (litologia, stratigrafia, tettonica e loro rapporti geometrici);
  - individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
  - definizione del tipo di effetti attesi;
  - indicazione, per ogni area, del livello di approfondimento necessario.
- **SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**, con:
  - la conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento e l'eventuale nuova perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
  - la suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, secondo aree con maggiore o minore pericolosità sismica;
  - la conferma o la migliore definizione delle aree, indicate dal precedente livello di approfondimento, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello con l'indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

L'area oggetto di microzonazione sismica nel Comune di Montiano riguarda le zone evidenziate nella figura 1. Ha una superficie pari a 1.021.935 metri quadri, che equivale all'11% dell'estensione del territorio comunale. In essa ~~in cui~~ risiede circa l'80% della popolazione del Comune.

- **TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**, con:
  - gli approfondimenti di terzo livello sulle aree definite nel precedente livello d'approfondimento.
- **CONDIZIONE LIMITE D'EMERGENZA (CLE)**, con:
  - l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza;
  - l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto precedente e gli eventuali elementi critici;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	5 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo


- 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.

Il presente studio di Microzonazione Sismica e l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza del territorio di Montiano sono stati effettuati conformemente a quanto stabilito dai riferimenti tecnici menzionati oppure definiti nelle seguenti parti della presente relazione.

Gli elaborati redatti sono stati predisposti in versione cartacea e in versione digitale (Portable Document Format - PDF, con risoluzione di 300 dpi). I dati cartografici sono stati allestiti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato D della DGR 1919/2013 e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica).

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4.0.1.

 <b>ANTONIAZZI</b> <small>GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE  GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	6 di 36

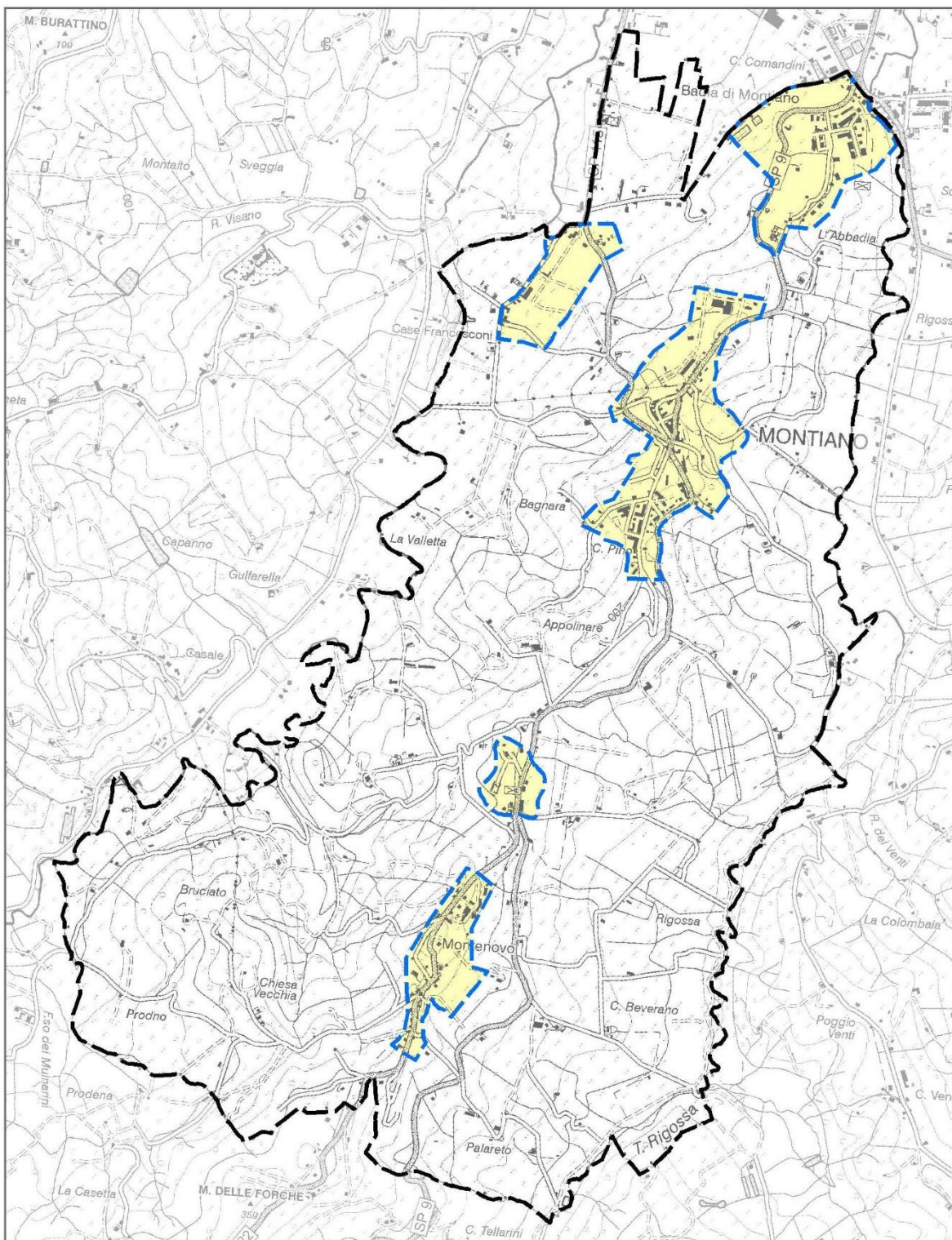


Figura n. 1 - Area oggetto di microzonazione sismica del Comune di Montiano



<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

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

### 2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO


Il Comune di Montiano appartiene alla Regione Emilia-Romagna e ricade nella Provincia di Forlì-Cesena (figura 2). Il suo territorio, di 9,26 chilometri quadrati, è prevalentemente collinare. L'altitudine massima del Comune (293 m s.l.m.) ricade nei pressi di C. Faedi, quella minima (48 m s.l.m.) è in corrispondenza dell'alveo del torrente Rigossa. L'altitudine media è di circa 150 metri. La pendenza media del territorio comunale è di circa il 21, 88%.



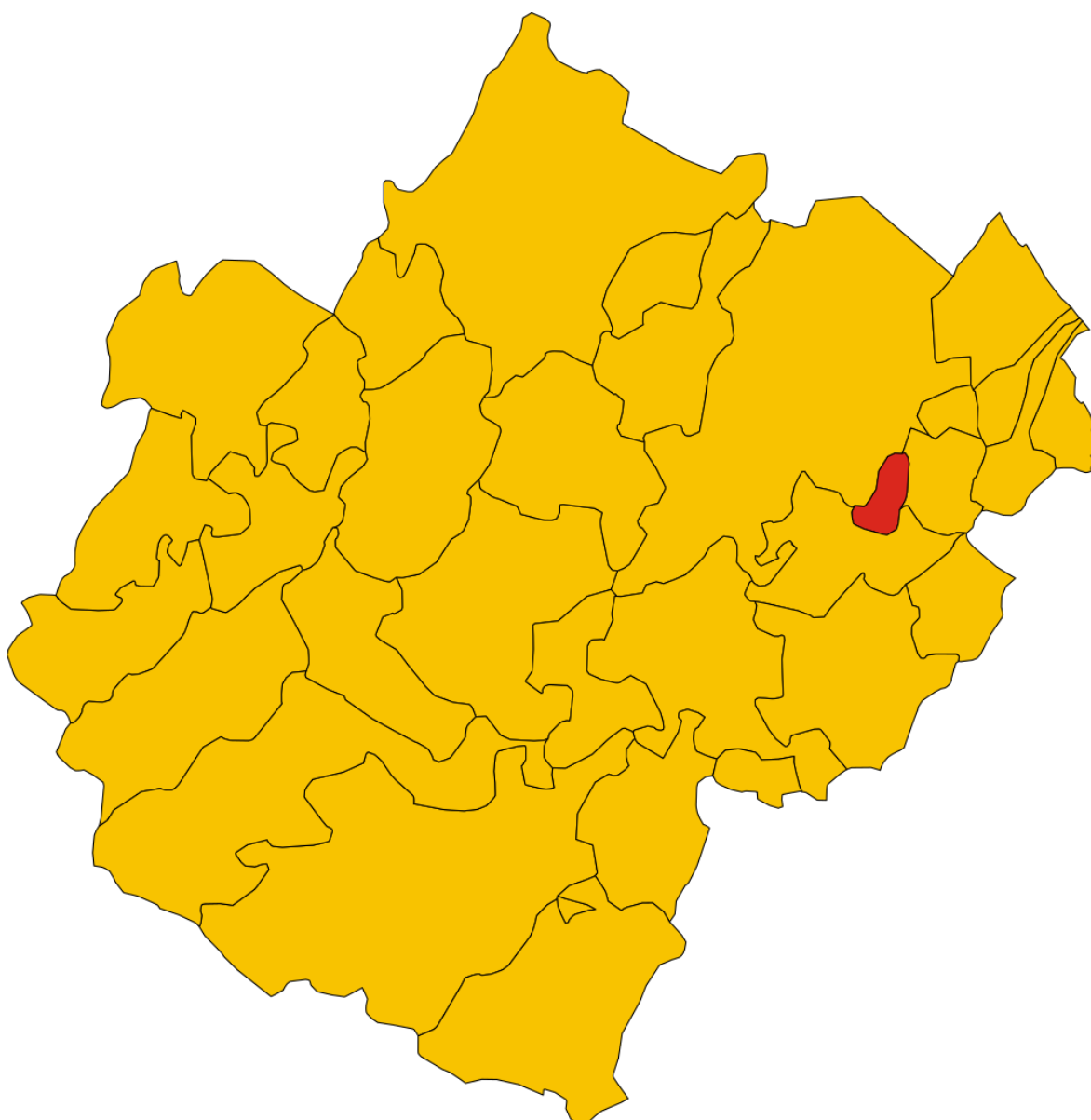
Figura n. 2 - Ubicazione di Montiano nell'ambito della Regione Emilia-Romagna

L'ambito territoriale del Comune di Montiano ricade, in parte, nei seguenti elementi, in scala 1:5.000, dalla CTR della Regione Emilia-Romagna: 255121, 255122, 255123 e 255124. Alla scala 1:10.000, del CTR regionale, ricade nella sezione 255120 Longiano.

Nella figura n. 3 è evidente la posizione del Comune di Montiano nell'ambito della Provincia di Forlì-Cesena. Procedendo in senso orario, questo Comune confina a ovest e a nord col Comune di Cesena, ad ovest col Comune di Longiano e a sud col Comune di Roncofreddo.

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	8 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo




*Figura n. 3 - Inquadramento del Comune di Montiano (area in rosso) nell'ambito della Provincia di Forlì-Cesena*

## **2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Per quanto concerne la cartografia ufficiale, il territorio comunale di Montiano ricade:

- nel foglio 255 (Cesena) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, pubblicata nel 2009 dal Servizio Geologico d'Italia (ISPRA),
- nella sezione 255120 Longiano della Carta geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, edita dalla Regione Emilia-Romagna.

Un inquadramento geologico generale del territorio ove ricade il Comune di Montiano è fornito dallo Schema d'inquadramento regionale, riportato nella figura n. 4, tratto del foglio 256 (Rimini) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	9 di 36

### SCHEMA DI INQUADRAMENTO REGIONALE

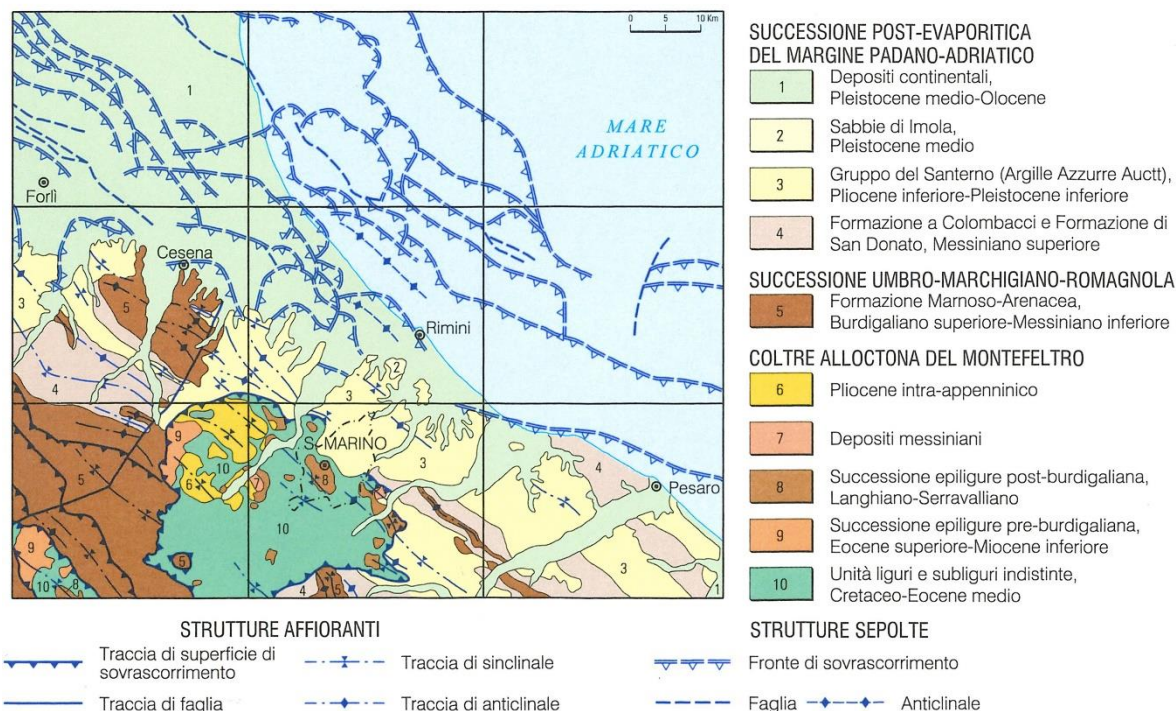


Figura n. 4 - Inquadramento geologico generale del territorio in cui ricade il Comune di Montiano

Nel Comune di Montiano affiorano rocce sedimentarie d'origine marina o continentale formatesi dal Miocene ad oggi. Le particolarità geologiche del territorio in esame sono precisate nella figura n. 5, ove è riportato il corrispondente stralcio del foglio 255 (Cesena) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

I depositi continentali più significativi, presenti nella zona in esame, sono costituiti dai sedimenti alluvionali quaternari, riguardanti:

- le aree di pianura ad ovest dell'abitato di Montiano, ove affiorano il Subsistema di Ravenna (AES8), del Pleistocene superiore-Olocene, o l'Unità di Modena (AES8a) olocenica;
- le aree collinari ove si estendono a fascia ai margini dei corsi d'acqua, presentandosi come una successione di ripiani, terrazzati a diversa altezza rispetto al fondovalle e separati l'un l'altro da un più o meno ripido dislivello. Questi depositi, oltre che al Subsistema di Ravenna, sono riconducibili al Subsistema di Villa Verucchio (AES7), del Pleistocene superiore, e al Subsistema di Bazzano (AES6) del Pleistocene medio.

Nel Subsistema di Ravenna, a seconda dei luoghi, sono presenti: ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide; argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. Al tetto si trovano suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 centimetri, talvolta con parziale decarbonatazione; gli orizzonti superficiali sono di colore giallo-bruno.

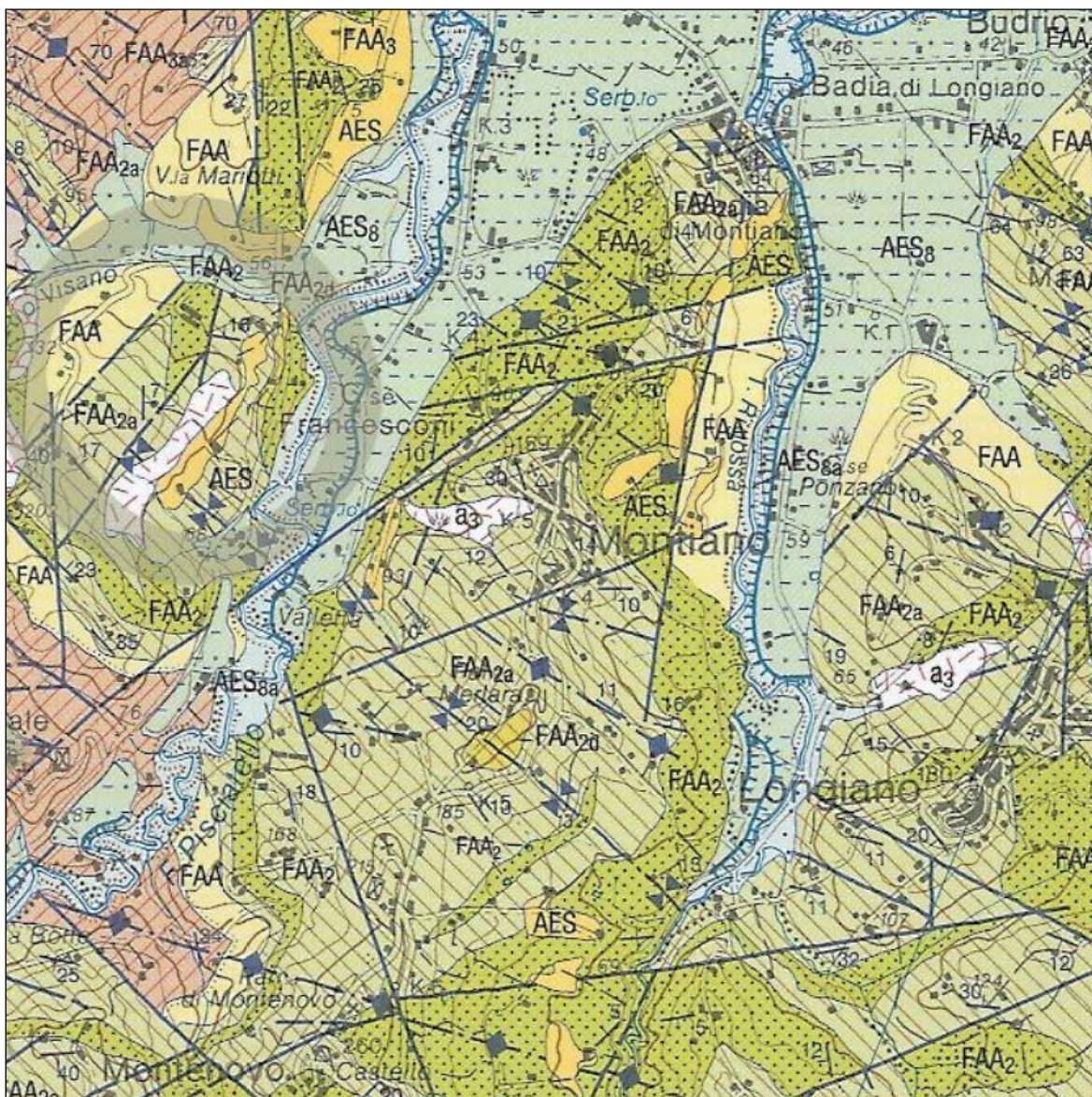


Figura n. 5 - Estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 concernente il territorio comunale di Montiano

L'Unità di Modena, ove presente, costituisce la parte superiore terminale del Subsistema di Ravenna è costituita essenzialmente da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro.

Nel Subsistema di Villa Verucchio sono presenti ghiaie, sabbie, limi ed argille di origine fluviale, piana intravalliva e conoide alluvionale. Depositi organizzati in diversi ordini di terrazzo. Il tetto dell'unità è generalmente rappresentato da suoli non calcarei molto evoluti di colore bruno scuro. Il limite inferiore è erosivo e discordante sui depositi sottostanti.

<p><b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	11 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

Il Subsistema di Bazzano è costituito da depositi ghiaiosi, sabbiosi e limo-argillosi di terrazzo intravallivo e di conoide alluvionale. Al tetto presenta suoli decarbonatati con fronte di alterazione fino a 5-7 metri, colore variabile da rosso bruno a giallo bruno. Il contatto inferiore è in discontinuità su unità più antiche. La sua potenza in affioramento è inferiore ai 20 metri.

Gli accumuli detritici continentali olocenici, presenti in modo sporadico e localizzato nelle pendici collinari, sono riconducibili a:

- depositi alluvionali o di conoide torrentizia in evoluzione,
- depositi di frane quiescenti o in evoluzione,
- depositi eluvio-colluviali.


Le formazioni d'origine marina, affioranti nelle aree in rilievo del Comune di Montiano e sedimentatesi dal Tortoniano al Pleistocene, sono ascrivibili:

- alle Argille Azzurre (FAA), del Zancleano-Calabriano,
- alla Formazione Marnoso-Arenacea (FMA), col suo Membro di Castel del Rio, litofacies arenacea (FMA12a) del Tortoniano.

Le Argille Azzurre, dominanti nel territorio collinare di Montiano, sono un deposito marino costituito essenzialmente da argille, argille marnose e marne argillose grigie e grigio-azzurre. Nella loro stratificazione, per lo più media, figurano anche lamine siltose e sottili strati arenacei. Entro questa Formazione si presentano, inoltre, intercalazioni di Membri informali come quello delle Arenarie di Borello (FAA2) del Zancleano: un'alternanza metrica di sequenze marnoso-argillose e sequenze arenacee torbiditiche. Le arenarie, di color grigio-giallastre, sono in genere poco cementate e presentano una forte lenticolarità; gli strati sono da sottili a medi, e solo raramente spessi; di frequente contengono numerosi biosomi e bioclasti, anche grossolani. A queste arenarie si intercalano calcareniti con clasti quarzosi, argille marnose, siltose e sabbiose. Nel territorio in esame questo Membro si presenta, a seconda dei luoghi, con la litofacies arenaceo-pelitica (FAA2ap), con la litofacies conglomeratica (FAA2d) o con la litofacies pelitico-arenacea (FAA2p).

La Formazione Marnoso-Arenacea (Burdigaliano - Messiniano superiore), presente nel territorio in esame con un limitato affioramento ad ovest di Montenovo, è costituita da torbiditi pelitico-arenacee, con subordinate intercalazioni di marne emipelagiche e talvolta con livelli torbiditici carbonatici. La sua successione presenta variabili rapporti arenaria pelite (A/P) ed è stata suddivisa in vari Membri e Litofacies, a volte in parte eteropici. Le areniti, in prevalenza di provenienza alpina e subordinatamente appenninica, hanno in genere una composizione feldspatica e litica, talvolta calcarea. Le loro dimensioni raramente scendono a valori inferiori ai venti centimetri oppure superano il metro. La potenza delle intercalazioni marnose può, invece, ridursi in modo estremo, oppure assumere una netta prevalenza nella sequenza. In casi limite si riscontrano rocce quasi completamente arenacee oppure decisamente marnose.

Nella zona in esame affiora il Membro di Castel del Rio, litofacies arenacea (FMA12a) della Formazione Marnoso-Arenacea, risalente al Tortoniano, contraddistinto da una stratificazione sottile e media, raramente spessa; con strati mal strutturati e poco cementati. Il rapporto A/P è <1.

 <b>ANTONIAZZI</b> <small>GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE</small> <small>GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	12 di 36

Il territorio comunale di Montiano, appartiene strutturalmente all'Appennino Settentrionale<sup>1</sup>, la cui tettonica è contraddistinta da ampi fronti di scorrimento, che individuano alcune unità tettoniche fondamentali, e da importanti accavallamenti.

Una sintesi schematica della situazione globale della crosta terrestre, indicativamente valida anche per quanto concerne il territorio del Comune di Montiano, è fornita dalla sezione geologica schematica (figura n. 6), che taglia trasversalmente la penisola italiana dalla Toscana alla Romagna e si estende dalla superficie fino alla parte superiore del mantello terrestre<sup>2</sup>.

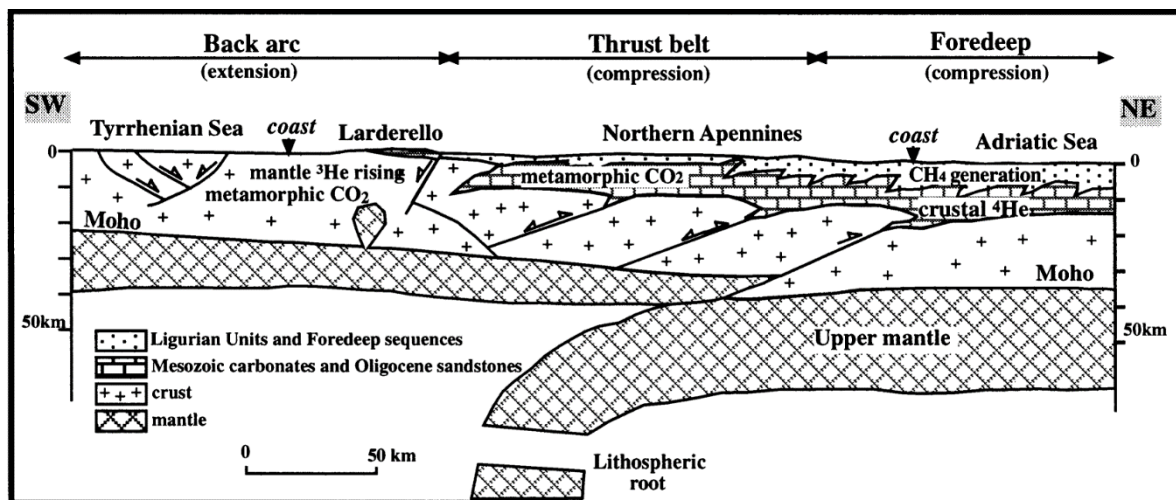


Figura n. 6 - Sezione geologica schematica attraverso l'Appennino Settentrionale, estesa dal Tirreno all'Adriatico e dalla superficie al Mantello superiore (da A. MINISSALE E ALTRI, 2.000)

### 2.3. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE

Un inquadramento generale delle principali strutture attive sismogenetiche dell'Emilia-Romagna, quindi anche della zona in esame, è fornito dall'apposita carta (figura n. 7), a cura dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna.

<sup>1</sup> L'Appennino settentrionale è una catena a falde derivata dal corrugamento e dalla sovrapposizione di prismi sedimentari, depositatisi nel paleo oceano ligure-piemontese e sul margine continentale della microplacca dell'Adria, durante la collisione tra la placca africana e quella europea. L'orogenesi, iniziata nell'Eocene medio e sviluppatasi soprattutto a partire dall'Oligocene, ha dato luogo a pieghe e a sovrascorrimenti lungo faglie inverse con spostamento generale verso nord-est.

<sup>2</sup> MINISSALE A., MAGRO G., MARTINELLI G., VASELLI G., TASSI G.F., *Fluid geochemical transect in the Northern Apennines (central-northern Italy): fluid genesis and migration and tectonic implications*, «Tectonophysics», 319, (2000), p. 218.

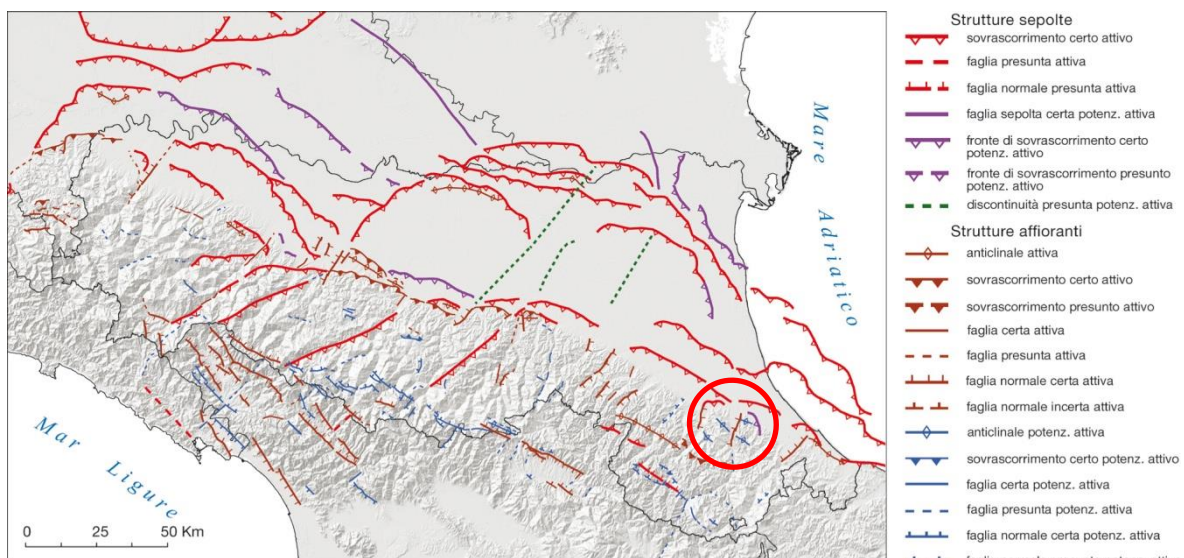


Figura n. 7 - Strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riconosciute in Emilia-Romagna

Le sorgenti sismogenetiche e le faglie potenzialmente attive e capaci, interessanti specificatamente il territorio comunale di Montiano, sono state ricavate dal *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)* dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Version 3.2.0, ossia dal database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana<sup>3</sup>. La loro distribuzione geografica è evidente nella figura n. 8.

Nel territorio di pertinenza di Montiano figura la seguente sorgente sismogenetica composta:

- ♦ ITCS039 - Riminese onshore con Mw max (magnitudo momento massima) 5,9.

<sup>3</sup> BASILI R., G. VALENSISE, P. VANNOLI, P. BURRATO, U. FRACASSI, S. MARIANO, M.M. TIBERTI, E. BOSCHI (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*.

<p><b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	14 di 36

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

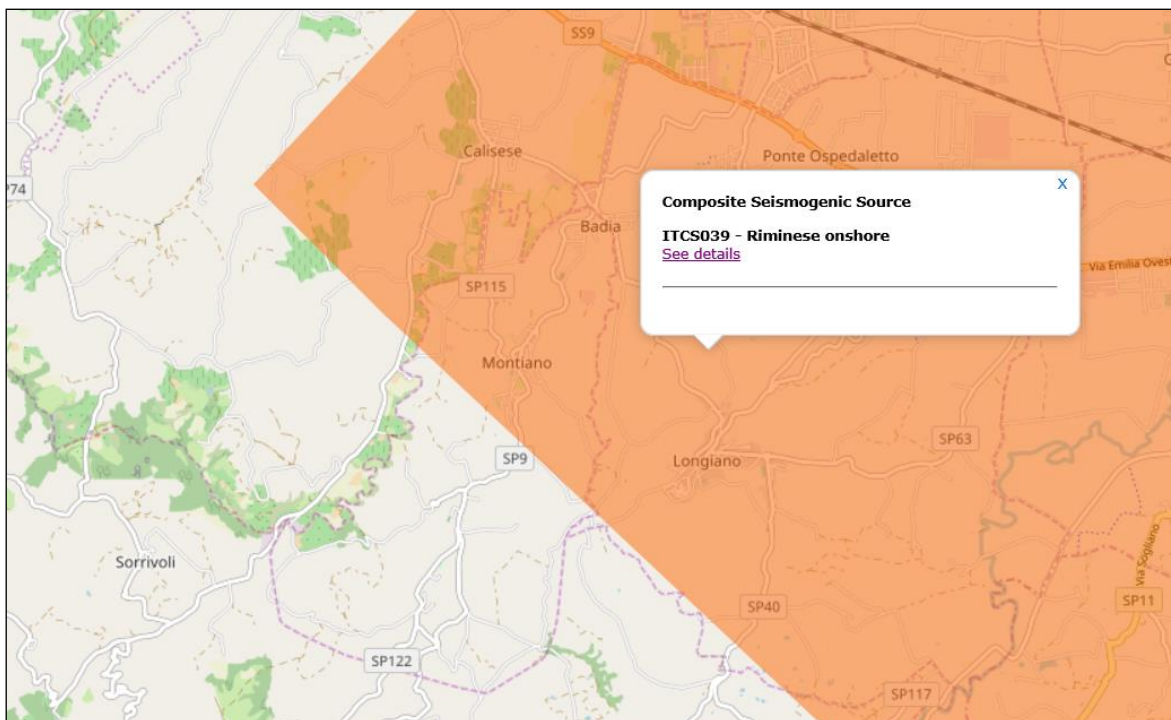


Figura n. 8 - Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS nella zona di pertinenza del Comune di Montiano

Nella Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia<sup>4</sup>, il territorio comunale di Montiano (figura n. 9) ricade nelle zone:

- ◆ Rimini-Ancona 917 con Mw max\_gr (magnitudo momento massima) di 6,14;
- ◆ Medio-Marchigiana/Abruzzese 918 con Mw max\_gr (magnitudo momento massima) di 6,37.

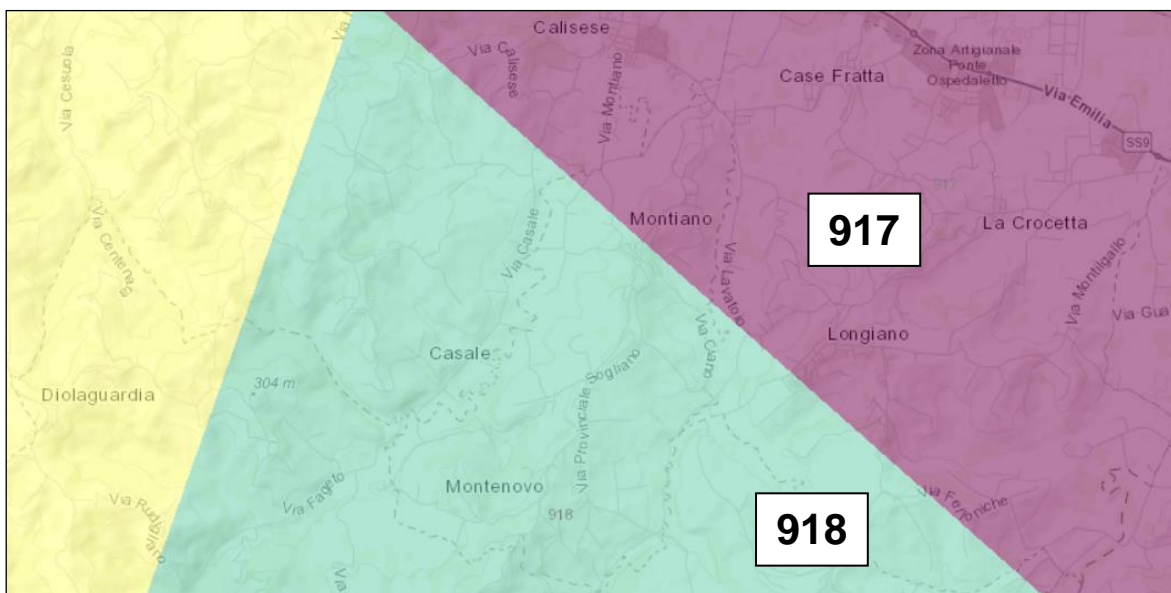



Figura n. 9 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Comune di Montiano (zone "Rimini-Ancona 917" e "Medio-Marchigiana/Abruzzese 918")

<sup>4</sup> MELETTI C. E VALENSISE G. (a cura) del 2004, Zonazione sismogenetica ZS9 - App. 2 al Rapporto conclusivo.

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	15 di 36



PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

Nella mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, redatta a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (figura n. 10) la pericolosità di ciascuna zona è espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi contraddistinti da  $V_{s30} > 800$  m/s.

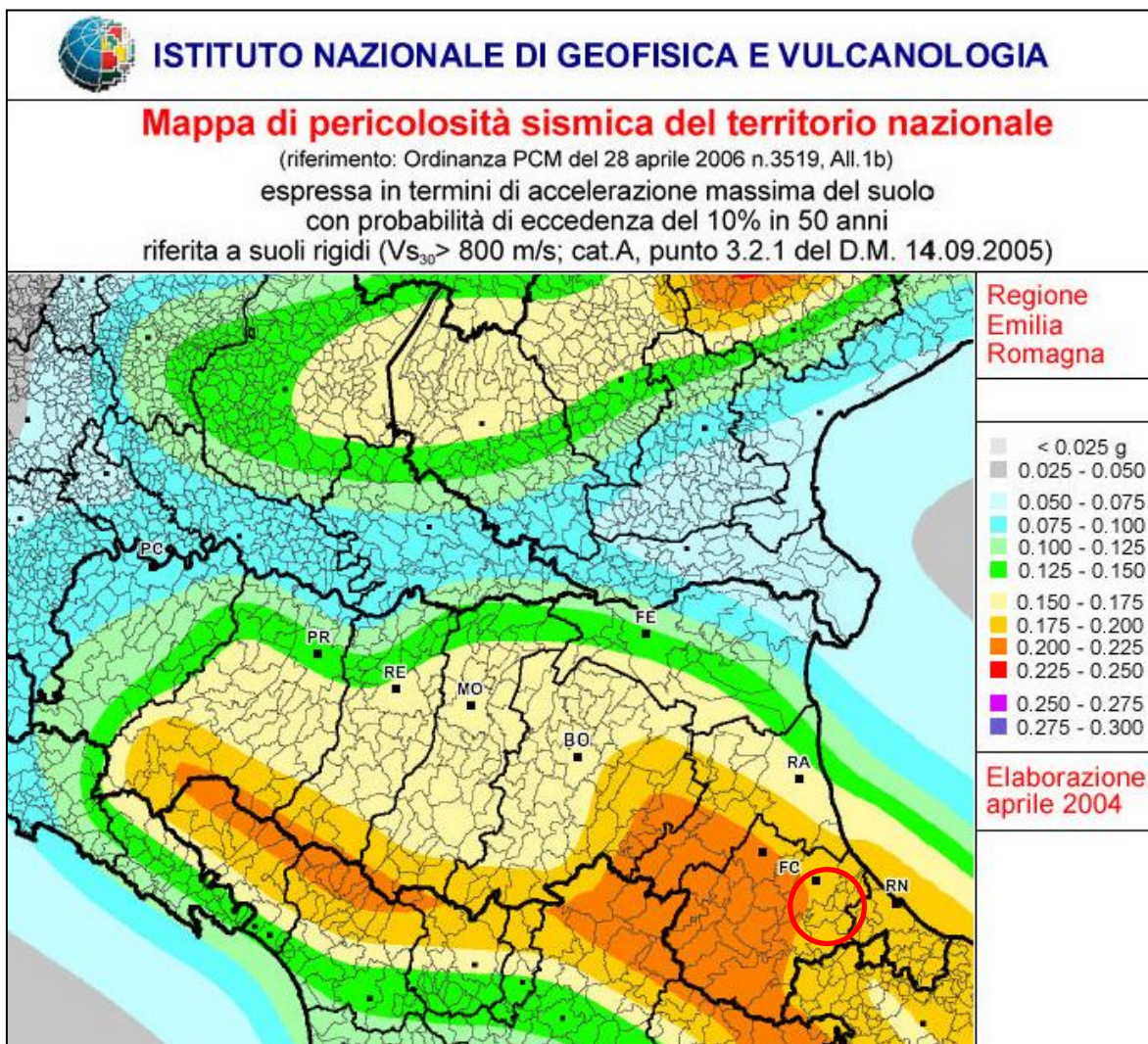


Figura n. 10 - Estratto della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

In questa mappa il territorio in esame ricade in un'area caratterizzata da un'accelerazione sismica orizzontale massima  $a_g$  pari a 0,175-0,200 g.

#### 2.4. STORIA SISMICA

La storia sismica del Comune di Montiano è stata desunta dal Database Macrosismico Italiano, versione DBMI15<sup>5</sup>. Nella tabella n. 1 sono riportati gli eventi di maggiore intensità verificatisi a Montiano indicando per ciascuno di essi, oltre agli

<sup>5</sup> Locati M., Camassi R. e al. (a cura di), 2016. DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

<b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	16 di 36

<b>PROGETTO</b>	<b>LIVELLO</b>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

effetti provocati al sito, espressi come intensità (MCS), quando si è verificato, l'area epicentrale, il numero di località coinvolte (NMDP), l'intensità massima epicentrale in scala MCS ( $I_0$ ), e la magnitudo momento ( $M_w$ ).

TABELLA N. 1 - MAGGIORE SISMICITÀ STORICA DEL COMUNE DI MONTIANO

Effetti	In occasione del terremoto del:				
Intensità [MCS]	Data Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale Ax	NMDP	$I_0$	$M_w$
6-7	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5,61
6	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5,26
3	1952 07 04 20 35 12.00	Appennino forlivese	64	7	4,94
F	1952 12 02 06 13 22.00	Appennino forlivese	53	5	4,42
4	1953 12 14 07 11 06.00	Appennino forlivese	48	5-6	4,7
4	1985 11 24 06 54 04.08	Appennino forlivese	29	5-6	4,29
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
4	1987 07 05 13 12 37.46	Montefeltro	90	6	4,44
3-4	1993 11 05 02 01 03.79	Cesenate	10		3,99
3-4	1993 11 07 23 21 11.72	Cesenate	36	4-5	3,95
3	1993 11 09 13 46 24.39	Cesenate	28	4-5	3,93
3-4	1995 12 27 23 44 27.69	Forlivese	37	5	3,97
3	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
4-5	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
3-4	1999 01 25 22 45 58.08	Appennino forlivese	97	5	4,36
NF	2000 05 06 22 07 03.78	Faentino	85	5	4,08
2-3	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4,67
NF	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4,82
4-5	2000 08 01 02 34 31.00	Montefeltro	84	5-6	4,27
NF	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4,63
NF	2002 11 02 10 57 44.89	Ferrarese	79	4	4,21
4	2003 01 26 20 15 03.07	Appennino forlivese	63	5-6	4,5
3	2003 01 29 23 50 16.38	Appennino forlivese	71	4-5	4,06
3-4	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4,18
NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21

DEFINIZIONI DELLE SIGLE UTILIZZATE NELLA TABELLA N. 1

<b>I [MCS]</b>	Intensità macrosismica espressa in scala MCS. Alcuni effetti non sono esprimibili con la scala MCS per cui vengono utilizzati dei codici alternativi (si veda la relativa tabella)
<b>Data</b>	Data del terremoto
<b>Ax</b>	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto
<b>NMDP</b>	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
<b><math>I_0</math></b>	Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI15, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg [dettagli]
<b><math>M_w</math></b>	Magnitudo momento, da CPTI15

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

CODICI ALTERNATIVI MCS UTILIZZATI NELLA TABELLA N. 1

Codice	Descrizione
D	danno (damage): danno di entità non precisabile (indicativamente $Int \geq 6$ )
F	avvertito (felt): si ritiene di escludere che si siano verificati danni ( $3 \leq Int \leq 5$ )
NC	non classificato (not classified): indica una informazione non classificabile in termini di intensità ovvero con i codici utilizzati
EE	effetti sull'ambiente (environment effects): effetti sull'ambiente in prossimità della località cui vengono riferiti
SW	effetti marini anomali (sea waves): indica maremoto o comunque effetti anomali in mare, in prossimità della località cui vengono riferiti
NR	non segnalato (not reported): utilizzato a volte per segnalare che nelle fonti non vi è menzione di effetti per quella data località
NF	non avvertito (not felt): in presenza di segnalazione esplicita è equiparabile a $Int=1$
RS	registrazione strumentale: alcuni studi riportano questa informazione, non utilizzabile dal punto di vista macrosismico, che tuttavia si è preferito conservare

A Montiano, com'è evidente nella figura n. 11, il maggiore terremoto noto in epoca recente si è verificato nel 1870.

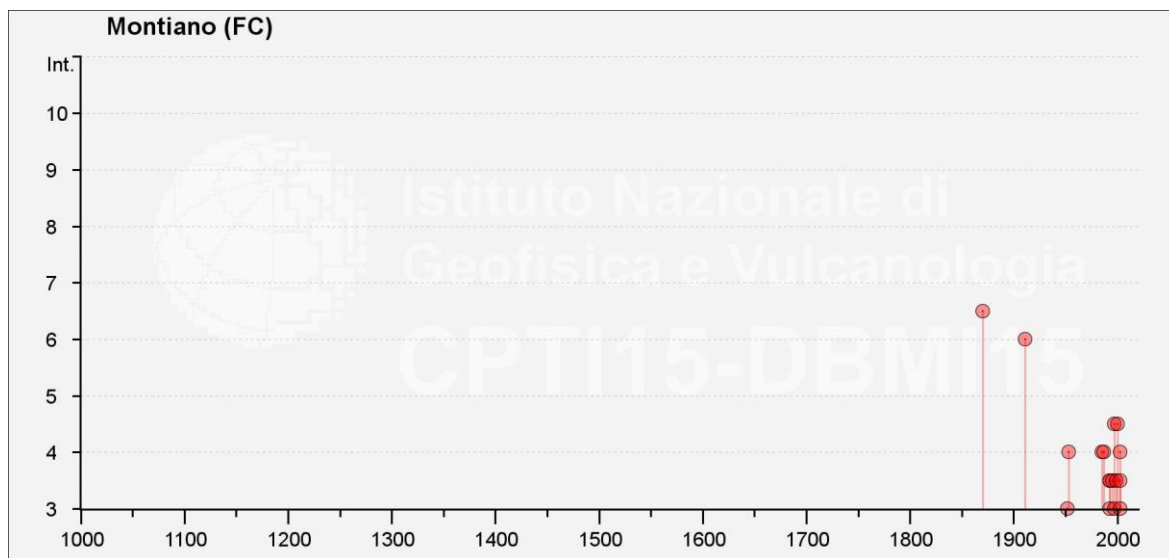


Figura n. 11 - I maggiori terremoti storici che hanno colpito Montiano

Nella figura 12, sono riportati i terremoti con magnitudo maggiore di 3 verificatesi nella zona di pertinenza di Montiano dall'inizio del 1985 ad oggi, entro il raggio di 20 chilometri<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> ISIDe Italian Seismological Instrumental and parametric database: <http://iside.rm.ingv.it>

<b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	18 di 36

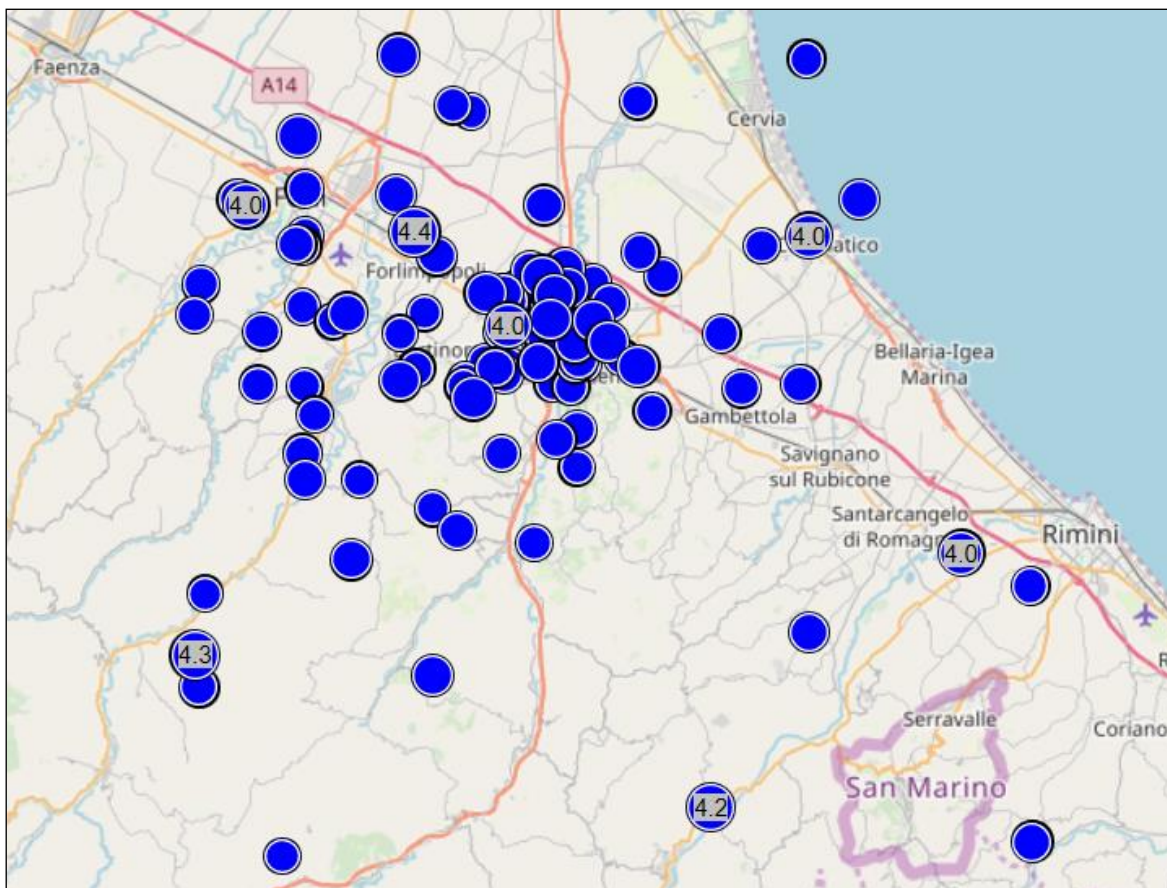


Figura n. 12 - Magnitudo e profondità dei sismi verificatisi nella zona di pertinenza di Montiano dall'inizio del 1985 ad oggi

**2.5. CLASSIFICAZIONE SISMICA**

Il territorio del Comune di Montiano era classificato sismico di seconda categoria (S=9). In base alla classificazione nazionale dei Comuni italiani, stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, i Comuni sismici italiani sono pertanto distinti in 4 zone. Le prime, con sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), erano già state definite dalla Legge 64/74. Viceversa la zona 4 è di nuova introduzione. A ciascuna di queste zone è stato assegnato uno specifico valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tabella 2).

TABELLA N. 2 - ZONE SISMICHE E MASSIMI VALORI DI ag

ZONA	VALORI MASSIMI DI ag
1	>0,25
2	<b>0,15 ÷ 0,25</b>
3	0,05 ÷ 0,15
4	<0,05

In base alla Classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna, evidente nella figura n. 13, il territorio comunale di Montiano appartiene alla zona 2.

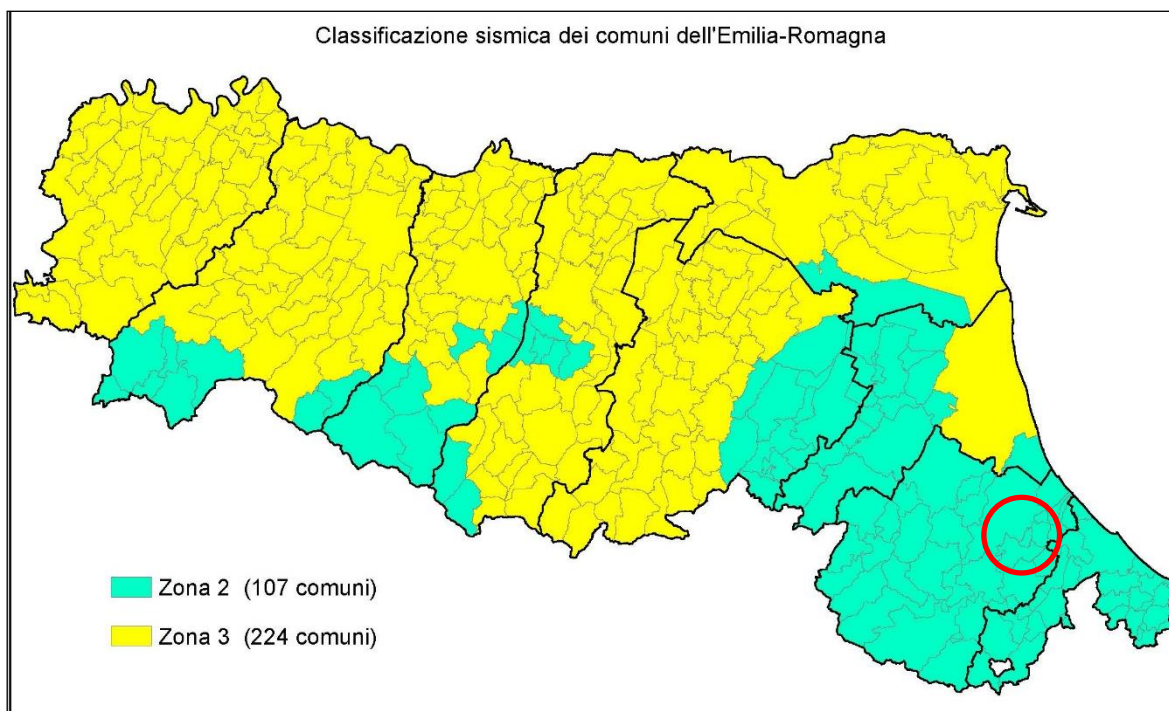


Figura n. 13 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia-Romagna. DGR n° 1164 del 23.07.2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna"

**2.6. PERICOLOSITÀ SISMICA**

Con l’Ordinanza n° 3519 del 28 aprile 2006 sono stati precisati i criteri generali, la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, riportata nel suo allegato 1b, e la normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica.

Il recente Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (N.T.C. 2018) stabilisce che per la determinazione dell’azione sismica si deve fare riferimento agli allegati al decreto ministeriale del 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni”.

Alle N.T.C. 2008 citate, infatti, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), secondo il quale l’azione sismica sulle costruzioni è da valutare in base alla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Con riferimento a quanto disposto in tale Allegato, l’accelerazione sismica massima del terreno ( $a_g$ ) viene definita in corrispondenza dei punti di un reticolo, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2.475 anni).

Qualora il sito in esame non ricada nei nodi del reticolo di riferimento, il valore del suo parametro  $a_g$  può essere ricavato come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento in cui è situato, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In adempimento agli obblighi stabiliti dalla normativa nazionale e con l’obiettivo di ridurre il rischio sismico, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell’Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l’atto di indirizzo

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	20 di 36

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

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 e urbanistica". Tale atto è stato poi aggiornato con la DGR n. 2193 del 21 dicembre 2015. Tale documento fornisce i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio al fine di orientare le scelte della pianificazione verso le aree contraddistinte da minore pericolosità sismica. In esso viene inoltre precisato che la pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti in essa presenti (*pericolosità sismica di base*), sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcune formazioni litologiche e particolari forme del paesaggio, possono modificare le caratteristiche del moto sismico superficiale e possono favorire effetti locali di amplificazione o di instabilità dei terreni (*pericolosità sismica locale*).

Gli studi sulla pericolosità sismica hanno pertanto come obiettivo:


- ◆ l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi 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, RSL);
- ◆ la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (Microzonazione Sismica, MZ).

Per questi studi sono previsti diversi livelli di approfondimento a seconda della sismicità locale e delle finalità delle realizzazioni previste.

La **prima fase** è volta a definire gli *scenari di pericolosità sismica locale*, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). Questa individuazione si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, nonché su raccolte di informazioni in merito agli effetti indotti dai terremoti che in passato hanno colpito la zona. Spesso, quanto definito in questa fase, fa ampio riferimento ed elabora i dati predisposti e resi disponibili dalle indagini eseguite in sede di redazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) e del Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) e, a sua volta, concorre alla definizione delle scelte urbanistiche, fornendo indicazioni sui limiti e sulle condizioni di cui tenere conto nella pianificazione.

La **seconda fase** ha come obiettivo la *Microzonazione sismica del territorio indagato* ossia l'approfondimento delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento, la suddivisione dettagliata del territorio, in aree con maggiore o minore pericolosità sismica, l'indicazione delle aree ove si ritengono necessari approfondimenti con la precisazione delle indagini e delle analisi da effettuare.

La **terza fase** consiste nell'attuazione degli approfondimenti nei luoghi e con le modalità indicate di massima nella seconda fase.

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	21 di 36

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

### 3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

#### 3.1. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti ed elaborati in questa sede derivano:

- dalla raccolta ed elaborazione di quanto disponibile in merito alle aree considerate presso l'Ufficio Tecnico comunale, la Provincia di Forlì-Cesena, il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e gli archivi personali dei partecipanti a questo studio;
- da un'apposita campagna d'indagini, attuata allo scopo di acquisire un'adeguata conoscenza della specifica situazione locale.

Nella tabella n. 3 è fornito il quadro d'assieme delle prove acquisite o appositamente realizzate, concernenti le aree interessate dal secondo livello d'approfondimento.

TABELLA N. 3 - PROVE IN SITO DISPONIBILI (COMUNE DI MONTIANO)


Tipo di prova in sito	Archivio				Prove realizzate in questa sede	Totale
	RER	Provincia	Comune	Geol. Moroni		
Sondaggi a carotaggio continuo	2	3				5
Prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DS)				2		2
Prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)		3				3
Prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)	19	14	1	1		35
Prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)			1			1
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE)		4				4
Prove penetrometriche statiche con punta mecc. (CPT)	4	9	10	5	3	31
Microtremori (HVSR)		2		2	20	24
MASW		3		2	4	9
REMI		1		1	8	10
Totale	<b>25</b>	<b>39</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>35</b>	<b>124</b>

Delle 124 prove in sito acquisite (sondaggi, penetrometrie e prove geofisiche):

- 76 provengono dagli archivi degli Enti, di cui 12 da quello del Comune di Montiano, 39 da quello della Provincia e 25 da quello della Regione Emilia-Romagna;
- 13 derivano da archivi personali;
- 35 sono state effettuate nell'ambito della presente indagine.

L'insieme dei dati geologici e geofisici così acquisiti, unitamente alle informazioni presenti nella letteratura ed ai risultati dei numerosi sopralluoghi effettuati nell'ambito di Montiano, hanno permesso di ricostruire il modello geologico del territorio interessato dallo studio di microzonazione sismica.

L'ubicazione degli elementi stratigrafici e geofisici acquisiti è riportata nella **Carta delle indagini** in scala 1.10.000. Il loro insieme è stato configurato in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS. Sia i dati di base, sia quelli elaborati sono stati inoltre organizzati in formato

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	22 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

vettoriale (*shapefile*) nel rispetto di quanto precisato negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

### 3.2. SONDAGGI E PENETROMETRIE


In merito al territorio comunale in oggetto, com'è evidente nella tabella n. 3, sono disponibili complessivamente 5 sondaggi a carotaggio continuo, 36 prove penetrometriche statiche (3 CPT sono state realizzate nel presente studio) e 40 prove penetrometriche dinamiche. I sondaggi e le penetrometrie hanno raggiunto rispettivamente profondità massime di 15,5 metri e di 15 metri.

### 3.3. PROVE GEOFISICHE

L'insieme delle prove geofisiche, raccolte o appositamente realizzate nell'area in esame, è ascrivibile ai seguenti tipi:

- Microtremori a stazione singola (HVSr), prove complessive n. 24, di cui 20 eseguite in questa sede;
- Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW), prove complessive n. 9, di cui 4 effettuate durante la presente indagine;
- Refraction Microtremor (Re.Mi.) prove complessive n. 10, di cui 8 attuate nell'ambito di questa ricerca.

I dati registrati sono stati poi elaborati e restituiti graficamente con le usuali procedure. L'ubicazione di queste prove è precisata nella **Carta delle indagini** in scala 1.10.000.

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	23 di 36



<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo


#### 4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Basilare, in uno studio di Microzonazione sismica, è la definizione, più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo locale con particolare riferimento all'individuazione della profondità del substrato rigido.

Mentre si rimanda ad una seguente parte della presente relazione la descrizione della situazione dei vari settori del Comune di Montiano, distinti in base all'elaborazione dell'insieme dei dati acquisiti nell'ambito della presente ricerca, è opportuno soffermarsi, a questo punto, sull'assetto generale del sottosuolo locale, che può modificare il moto sismico in superficie e condizionare gli effetti sismici locali.

Nell'ambito territoriale di Montiano, com'è già stato fatto rilevare, domina l'affioramento delle Argille Azzurre (FAA), seguito, in ordine d'importanza dai depositi continentali del Pleistocene medio - Olocene, di cui i più recenti sono particolarmente diffusi nel settore ovest e nord ovest dell'area considerata, mentre quelli più antichi sono riconducibili alle alluvioni terrazzate collinari. Un limitato affioramento del Membro di Castel del Rio - litofacies arenacea (FMA12a) della Formazione Marnoso-Arenacea (FMA) si presenta infine ad ovest di Montenovio.

In gran parte del territorio di Montiano emergono rocce di pertinenza delle Argille Azzurre e molto subordinatamente marnoso-arenacee. Su di esse poggiano le alluvioni terrazzate collinari. I depositi alluvionali della pianura poggiano invece anche su sedimenti continentali più antichi. Si vedano, in proposito, le sezioni geologiche, raccolte nella Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000 allegata.

 <b>ANTONIAZZI</b> <small>GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE  GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	24 di 36

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

## 5. DETERMINAZIONI ED INCERTEZZE

Nel **rilievo dei microtremori** per analisi dei rapporti spettrali delle componenti orizzontale e verticale del moto (HVSr) e nelle relative analisi sono state seguite le linee guida del progetto SESAME (European research project - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration) con le tecniche di acquisizione e le modalità di elaborazione esplicitate negli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica.

Questo metodo (HVSr o di Nakamura) si basa sul rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del noise, assumendo che la componente verticale (V) nel passare dal *bedrock* alla superficie non subisce amplificazione, e consente di determinare la “*frequenza di risonanza*” di uno strato caratteristico del sito, per il quale assume il valore massimo il rapporto  $RHV = HS/VS$  (*Horizontal to Vertical Ratio*) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo.

Ciascuna prova realizzata ha fornito, in particolare, un grafico del rapporto spettrale H/V - frequenza, in cui si possono osservare il picco o i picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze.

Per determinare la qualità delle singole misure HVSr effettuate e la loro relativa affidabilità, si è proceduto all’analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando quelle capaci di produrre stime “robuste” del campo medio delle vibrazioni ambientali. Solo la misura 040028P99HVSr99 non rispetta i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale.

Per ogni singola acquisizione è stato inoltre valutato l’andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l’individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.


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

Con riferimento ai criteri delle linee guida SESAME 2005, relativi alla “chiarezza” del picco di possibile risonanza, si osserva che le misure in soli quattro casi soddisfano almeno 5 su 6 criteri (040028P18HVSr18, 040028P19HVSr19, 040028P76HVSr76, 040028P97HVSr97).

Nei **rilievi in array** effettuati è stato utilizzato un sismografo marca MICROMED modello SoilSpy Rosina a 24 canali (matricola SAA----0027/4-12) collegato ad un pc *netbook*. Operativamente è stata realizzata una stesa di 7 - 10 geofoni verticali da 4,5 Hz, a seconda della disponibilità di spazio, interspaziati 3,0 m.

In campagna si è svolto quindi un rilievo in attivo energizzando un punto a 3,0 m dal primo geofono (*offset*) per la tecnica **M.A.S.W.** ed uno in passivo per la tecnica **Re.Mi.** I dati sono acquisiti con frequenza di campionamento pari a 1024 Hz per la **M.A.S.W.** e pari a 256 Hz per la **Re.Mi.** tramite il *software* Rosina.

I dati acquisiti sono stati analizzati con l’ausilio del *software* Grilla scegliendo, di volta in volta, a giudizio dell’operatore, la tecnica che ha meglio approssimato la condizione sismostratigrafica reale.

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	25 di 36

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

L'acronimo **M.A.S.W.** significa *Multichannel Analysis of Surface Waves* mentre **Re.Mi.** significa *Refraction Microtremor* e sono tecniche superficiali non invasive per il calcolo del profilo di velocità delle onde di taglio Vs a partire da una acquisizione attiva nel primo caso e passiva nel secondo.

In entrambe i metodi si utilizza una analisi della dispersione delle onde superficiali di *Rayleigh*, in particolare per la loro componente verticale, nel primo caso utilizzando il tempo dei primi arrivi, mentre nel secondo analizzando l'intera curva rilevata.

Utilizzando la componente Z per le onde di *Rayleigh* si ottiene quindi una curva di dispersione dalla quale ricavare un profilo di Vs in condizioni di 1 D e strati pian paralleli. Questa curva è stata realizzata con il *software Grilla* che analizza per ogni singola frequenza una velocità di prova compresa in un *range* (ad esempio 50 m/s - 350 m/s) ad un passo (per esempio 2 m/s) preimpostati dall'operatore.

Per la tecnica **M.A.S.W.** per ogni Vs di prova il programma calcola il tempo di arrivo dell'impulso ai vari geofoni (G2, G3, Gn), nota la distanza tra i ricevitori.

A questo punto con l'operazione di *slant* si arretrano le varie tracce (G2, G3, Gn) del tempo corrispondente, sommando poi le serie temporali, ovvero le tracce (*stacking*).

La correlazione massima per le velocità di prova più prossime a quella reale, ovvero la massima ampiezza del segnale sommato, sarà quella in cui le onde saranno riposizionate in fase.

Dopodiché si giunge alla curva di dispersione avente alle ascisse la frequenza ed alle ordinate la Vs.

Per la **Re.Mi.** l'elaborazione del segnale è data da una trasformata bidimensionale *Slowness – Frequency* che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica rappresentando lo spettro di potenza su di un grafico *p – f*. La zona colorata in rosso è quella in cui, attraverso l'operazione di *slant/stack* si giunge a trovare la Vs che meglio fitta le varie serie temporali alle finestre di frequenza.

Si può arrivare ad assimilare la zona rossa con una spezzata passante per la **M.A.S.W.** al centro mentre per la **Re.Mi.** nel limite inferiore.

La retta presenta pendenze variabili e ad ogni cambio di pendenza si rilevano Vs e profondità che andranno poi a ricostruire i sismostrati.


La retta tende all'infinito quando per tutte le velocità di prova si ha lo stesso grado di correlazione, ovvero si hanno infinite soluzioni.

La massima lunghezza d'onda indagata è data quindi dalla relazione:

$$\lambda_{\max} = V_{\max} / f_{\min}$$

con:  $\lambda_{\max}$  = massima lunghezza d'onda indagata;  $V_{\max}$  = massima velocità prima che la retta tenda all'infinito;  $f_{\min}$  = frequenza corrispondente alla  $V_{\max}$ .

I rilievi in array sono stati implementati da rilievi **H.V.S.R.** quando la vicinanza dei rilievi può garantire l'univocità di risultati.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	26 di 36

PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

## 6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

### 6.1. PRIMA FASE DEL LAVORO

Nella prima fase di lavoro, concernente le aree del Comune di Montiano da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica (territorio urbanizzato e urbanizzabile), sono stati acquisiti tutti i dati bibliografici e di archivio disponibili, sono stati condotti puntuali rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica fruibile. In seguito, tenendo conto dell'insieme degli elementi acquisiti, è stata predisposta ed eseguita un'attenta campagna di rilievi integrativi e di controllo.


A conclusione di questa prima fase d'indagini, come in seguito precisato, sono stati predisposti i seguenti elaborati:

- **Carta delle indagini (scala 1:10.000)** - In questa carta è riportata l'ubicazione, di tutte le indagini in sito acquisite o realizzate in questa sede, distinte in base alla specifica tipologia (sondaggi, penetrometrie, prove geofisiche);
- **Carta geologico-tecnica (scala 1:10.000)** - Questa carta, concernente le zone interessate dall'analisi di secondo livello, prende in esame i terreni di copertura, il substrato geologico, le instabilità dei versanti, gli elementi geologici e idrogeologici e gli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.000)** - In questa carta sono riportate le ubicazioni dei punti ove sono state eseguite le indagini sismiche HVSR, con simbolicamente precisato il valore  $F_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (*frequenza principale*). A fianco di ciascun simbolo è riportata la frequenza relativa al primo picco significativo (in rosso). Nel caso sia presente, è indicata anche la frequenza (in blu) di un secondo picco (*frequenza secondaria*). Le misure inoltre sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze ( $F_0 \leq 0.6$  Hz;  $0.6 < F_0 < 1$ ;  $1 < F_0 \leq 2$  Hz;  $2 < F_0 \leq 8$  Hz;  $F_0 > 8$  Hz) e dell'ampiezza del picco ( $1,5 \leq HVSR < 2$ ;  $2 \leq HVSR < 3$ ;  $HVSR \geq 3$ ).
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000)** - In questa carta sono state individuate le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, distinte in tre zone, le zone di attenzione per instabilità, i punti di misura di rumore ambientale e le tracce utilizzate per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche.

### 6.2. SECONDA FASE DEL LAVORO

Nella seconda fase della presente indagine sono stati predisposti i seguenti elaborati:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S (scala 1:10.000)** - In questa carta è precisata l'ubicazione delle prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e Re.Mi. (Refraction Microtremor). A fianco di ciascuna indicazione è precisato il rispettivo valore di  $V_{sh}$  in m/s.
- **Carte di microzonazione sismica di livello 2 (scala 1:10.000)** - In queste carte sono raffigurate le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone di attenzione per instabilità. Le amplificazioni sono state stimate, mediante procedure semplificate (utilizzando abachi e formule), dato che l'assetto geologico locale è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale. Tali amplificazioni sono state quantificate sia in termini di rapporto di accelerazione

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	27 di 36


<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ) sia di rapporto di Intensità di Housner ( $SI/SI_0$ ). Sono stati, in particolare, predisposti i seguenti elaborati cartografici:

- **Carta di microzonazione sismica - FA  $PGA$  (scala 1:10.000);**
- **Carta di microzonazione sismica - FA  $IS_{0,1 - 0,5 s}$  (scala 1:10.000);**
- **Carta di microzonazione sismica - FA  $IS_{0,5 - 1,0 s}$  (scala 1:10.000).**

### 6.3. TERZA FASE DEL LAVORO

La terza fase che rappresenta l'approfondimento di livello 3 non è oggetto del presente studio. I caratteri delle zone di attenzione per instabilità, evidenziate dall'analisi di livello 2, saranno approfondite da un eventuale successivo studio.

 <b>ANTONIAZZI</b> <small>GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE          GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	28 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

## 7. ELABORATI CARTOGRAFICI

### 7.1. CARTA DELLE INDAGINI

Nella **Carta delle indagini** in scala 1:10.000, concernente il territorio di Montiano è riportata l'ubicazione di tutte indagini in sito disponibili. Pertanto nella relativa legenda figurano i seguenti elementi:

- Sondaggio a carotaggio continuo;
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT);
- Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTe);
- Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU);
- Prova penetrometrica dinamica superpesante (DPHS);
- Prova penetrometrica dinamica pesante (DPH);
- Prova penetrometrica dinamica leggera (DL);
- Stazione microtremore a stazione singola (HVSr);
- MASW;
- Re.Mi;
- Confine comunale;
- Aree oggetto di microzonazione.

### 7.2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER MICROZONAZIONE SISMICA

La realizzazione della **Carta geologico-tecnica** in scala 1:10.000 del territorio del Comune di Montiano ha consentito di definire il modello del sottosuolo del Comune in oggetto ed è stata funzionale anche alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000). In essa sono stati distinti:

- terreni di copertura,
- substrato geologico,
- instabilità di versante,
- elementi tettonico strutturali,
- elementi geologici e idrogeologici,
- ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura,
- confine comunale,
- aree oggetto di microzonazione.

Dovendo attenersi agli standard di rappresentazione dettati dagli SRAI, i terreni di copertura sono stati distinti sulla base delle caratteristiche tessiturali, come di seguito specificato:


- **CL** - Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre: ricomprendono i depositi alluvionali e i depositi eluvio colluviali del Pleistocene medio-Olocene.

Il substrato geologico affiorante o subaffiorante è classificabile come:

- **SFALS** - Alternanza di litotipi stratificati fratturati o alterati, coincidente con le Argille Azzurre.

L'instabilità di versante è stata distinta in:

- scorrimento - attiva,
- colata - attiva,
- non definito - attiva,
- non definito - quiescente.

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	29 di 36

PROGETTO	LIVELLO
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

Gli elementi tettonico strutturali sono stati così ripartiti:

- faglia inversa non attiva (incerta),
- faglia a cinematismo non definito non attiva (certa),
- faglia a cinematismo non definito non attiva (incerta),
- sinclinale,
- anticlinale.

Gli elementi geologici e idrogeologici comprendono:

- profondità (m) substrato geologico raggiunto da pozzo o sondaggio,
- traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo.

Gli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura sono suddivisi in:

- terrazzo fluviale,
- eluvi-colluvi.

### 7.3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

La **Carta delle frequenze naturali dei terreni** in scala 1:10.000, del territorio del Comune di Montiano è stata realizzata utilizzando i dati sui microtremori disponibili e ubicando i punti ove sono state effettuate le misure HVSR. Nella relativa legenda, con riferimento a ciascuna prova, sono state precisate:

- la frequenza di picco significativa;
- l'ampiezza di picco;
- lo spessore atteso.

Al lato di ciascun simbolo sono riportate le frequenze relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente.

Sono inoltre indicati:

- il confine comunale;
- le aree oggetto di microzonazione.


L'esame della carta evidenzia la presenza di picchi H/V in prevalenza compresi tra 1 e >8 Hz, con ampiezza generalmente tra 2 e  $\geq 3$ .

### 7.4. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La **Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica** (MOPS) in scala 1:10.000 del territorio del Comune di Montiano, individua:

- le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (zone da 1 a 3);
- le zone di attenzione per instabilità con instabilità di versante (zona 4);
- i punti di misura di rumore ambientale (con indicazione del valore  $f_0$  in rosso e la traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche).

Le figure da 14 a 17 mostrano le colonne stratigrafiche sintetiche rappresentanti le MOPS (zone da 1 a 4).

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	30 di 36

## MOPS - ZONA1 - Codice 2001

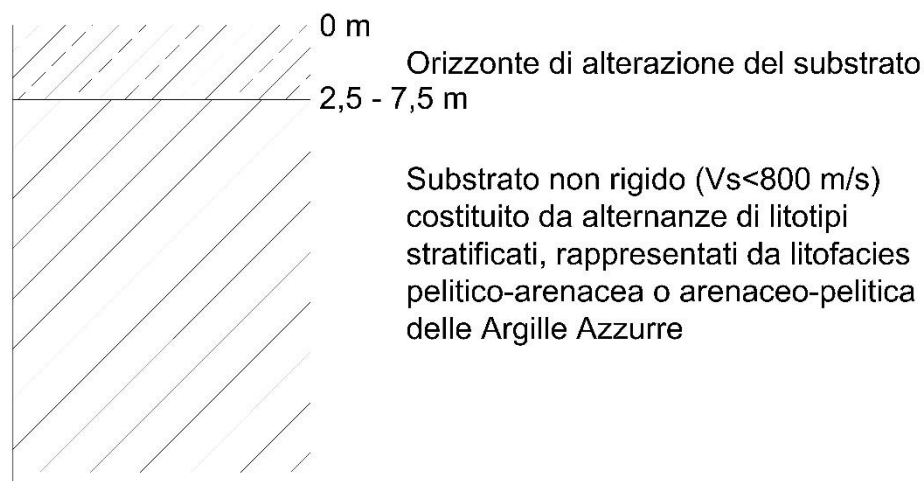


Figura n. 14 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 1 Cod. 2001

## MOPS - ZONA 2 - Codice 2002

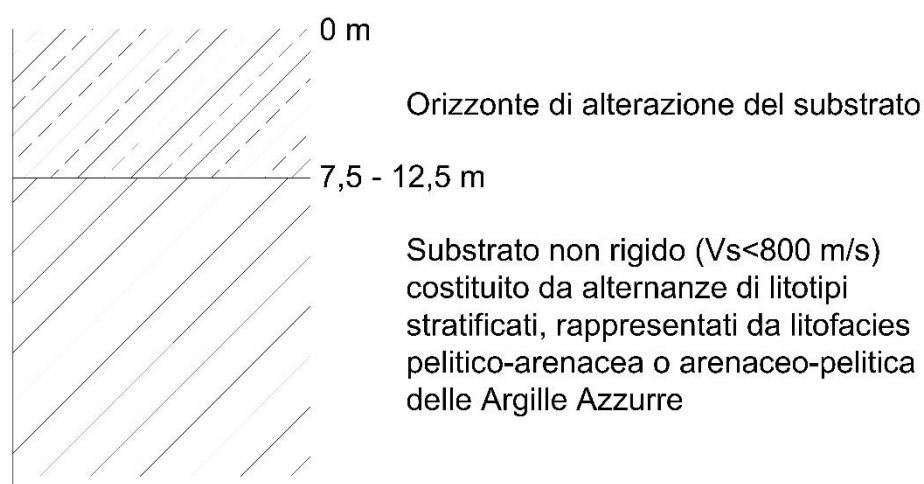


Figura n. 15 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 2 Cod. 2002

<p><b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI</p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	31 di 36



## MOPS - ZONA 3 - Codice 2003

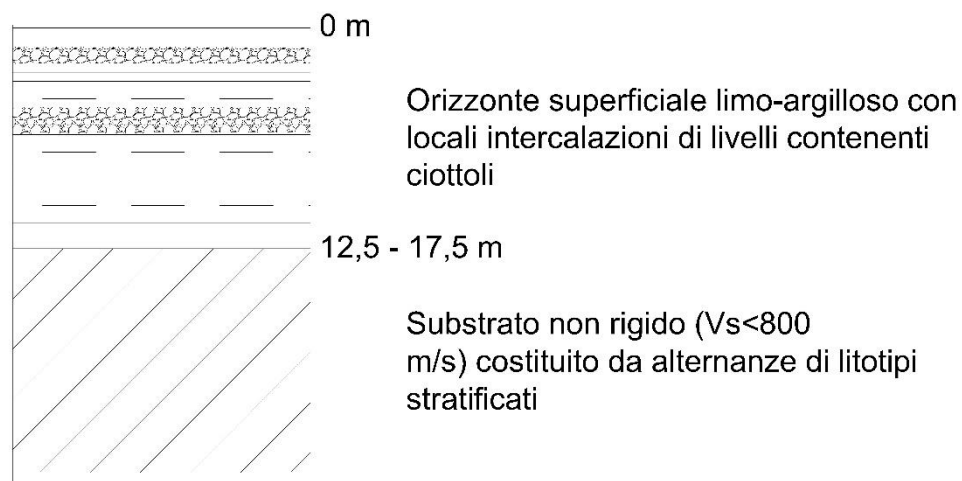


Figura n. 16 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 3 Cod. 2003

## MOPS - ZONA 4 - Codice 2004 - ZAFR

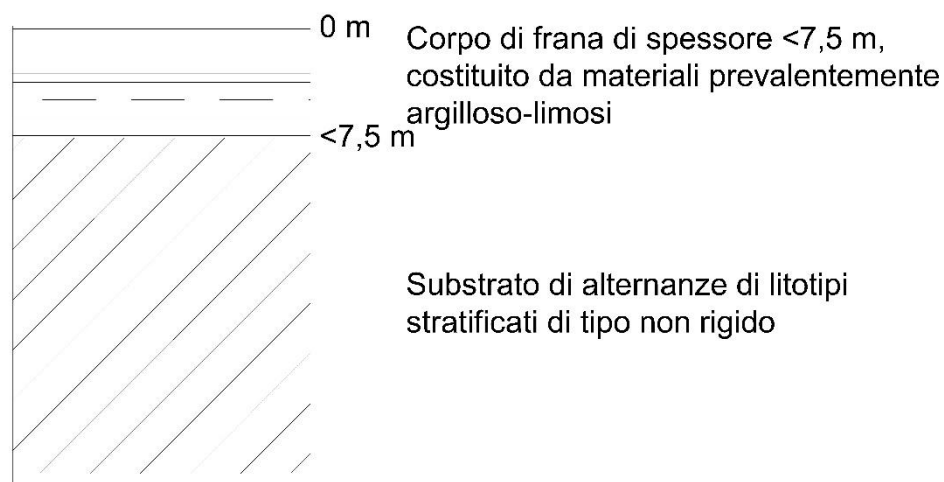


Figura n. 17 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 4 Cod. 2004

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	32 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

### 7.5. CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S

Nella **Carta delle velocità delle onde di taglio S** in scala 1:10.000 del territorio del Comune di Montiano sono indicate:

- le MASW, con indicato il valore di  $V_{sh}$  in m/s,
- le Re.Mi., con indicato il valore di  $V_{sh}$  in m/s,
- il confine comunale,
- le aree oggetto di microzonazione.

### 7.6. CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA

Nelle seguenti tavole, conclusive del presente studio:

- **Carta di microzonazione sismica - FA<sub>PGA</sub>** (scala 1:10.000)
- **Carta di microzonazione sismica - FA<sub>IS 0,1 - 0,5 s</sub>** (scala 1:10.000)
- **Carta di microzonazione sismica - FA<sub>IS 0,5 - 1,0 s</sub>** (scala 1:10.000)

In queste carte sono riportati i seguenti elementi:

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali,
- zone di attenzione per instabilità (di versante - Zona 4),
- confine comunale,
- aree oggetto di microzonazione.


I valori dei fattori di amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 2193/2015 della Regione Emilia-Romagna. La stima dell'amplificazione è stata effettuata mediante procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), impiegabili laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

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

I valori dei fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 2193/2015 della Regione Emilia-Romagna. In particolare è stato considerato l'ambiente geo-litologico omogeneo Appennino (Zone collinari e montane).

La scelta dell'abaco per la stima è stata effettuata sulla base delle caratteristiche sismo stratigrafiche del sottosuolo, in particolare dalle peculiarità del substrato non rigido che, nel Comune di Montiano, è caratterizzato da  $V_s \ll 800m/s$ .

Per quanto riguarda le zone stabili (Zona 1, Zona 2 e Zona 3) e quelle instabili (Zona 4) sono state impiegate le tabelle degli indirizzi regionali denominate "Appennino", riferite alla presenza di substrato non rigido ( $V_s \ll 800 m/s$ ) con sovrastanti depositi di copertura con spessore maggiore di 2,5 metri (tabella n. 4).

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	33 di 36

<b>PROGETTO</b>	<b>LIVELLO</b>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

TABELLA N. 4 - TABELLE DA UTILIZZARE PER LA STIMA DI F.A., IN TERMINI DI RAPPORTO DI ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE ( $PGA/PGA_0$ ) E INTENSITÀ DI HOUSNER ( $SI/SI_0$ ), NEL CASO DI SUBSTRATO MARINO NON RIGIDO ( $V_S \ll 800$  M/S) CON SOVRASTANTI DEPOSITI DI COPERTURA MAGGIORI DI 2,5 METRI (DA ALLEGATO 2 DEGLI INDIRIZZI REGIONALI)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.3	2.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	
10	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	
15	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	
20	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	
25	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
30		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
35		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
40		2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{SH}$  (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.1	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.7	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	
20	2.6	2.6	2.4	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	
25	2.6	2.6	2.5	2.3	2.0	1.7	1.6	1.4	1.3	
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	
35		2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione SI1 ( $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ ). Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{SH}$  (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.3	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	
20	2.9	2.6	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	
25	3.6	3.0	2.3	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	
30		3.3	2.7	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	
35		3.5	3.0	2.2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1
40		3.5	3.2	2.6	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		3.3	3.3	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione SI2 ( $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$ ). Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{SH}$  (m/s)


PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI MONTIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo

La tabella n. 5 riporta i Fattori di Amplificazione determinati secondo la DGR n. 2193/2015.

TABELLA N. 5 - FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DETERMINATI NEL II LIVELLO

MOPS	ZONA	TABELLA F. A.	VS	FORMAZIONE GEOLOGICA	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE				NOTE
					F.H. PGA	F.H. IS 0,1-0,5 S	F.H. IS 0,5-1 S	F.H. IS 0,5-1 S	
STAB	2001	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5=200	FAA	2,0	1,7	1,4	0,0	
	2002	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs10=200	FAA - ec	2,2	2,3	1,6	0,0	Zona cimitero di Montenovo e depositi eluvio-colluviali di Montiano
	2002*	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs10=250	FAA	2,0	1,9	1,4	0,0	Zona Montenovo
	2003	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs15=250	AES8 - ec	2,1	2,3	1,6	0,0	Zona Badia Montiano
	2003	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs15=200	AES8	2,2	2,6	1,9	0,0	Zona Case Francesconi
INSTAB	2004	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5=200	a1 - a2	2,0	1,7	1,4	0,0	Instabilità di versante

\*zone caratterizzate da amplificazione stratigrafica e topografica

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	35 di 36

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI MONTIANO (FC)</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e Secondo


## 8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente studio di Microzonazione Sismica, concernente il Comune di Montiano (territorio urbanizzato e urbanizzabile), sono stati acquisiti tutti i dati bibliografici e di archivio disponibili, sono stati condotti puntuali rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica fruibile. In seguito, tenendo conto dell'insieme degli elementi acquisiti, è stata predisposta ed eseguita un'attenta campagna di rilievi integrativi e di controllo. A conclusione dello studio sono stati predisposti i seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle indagini (scala 1:10.000);
- Carta geologico-tecnica (scala 1:10.000);
- Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.000);
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000);
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (scala 1:10.000);
- Carta di microzonazione sismica - FA  $P_{GA}$  (scala 1:10.000);
- Carta di microzonazione sismica - FA  $I_{S 0,1 - 0,5 s}$  (scala 1:10.000);
- Carta di microzonazione sismica - FA  $I_{S 0,5 - 1,0 s}$  (scala 1:10.000).

Il presente studio di secondo livello ha individuato zone di attenzione per instabilità di versante, meritevoli di approfondimenti di terzo livello.

Forlì, 4 maggio 2019

 <b>ANTONIAZZI</b> GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE GEOLOGI ALBERTO E ALDO ANTONIAZZI	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2019	0	36 di 36