

**PROTEZIONE CIVILE**  
 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna

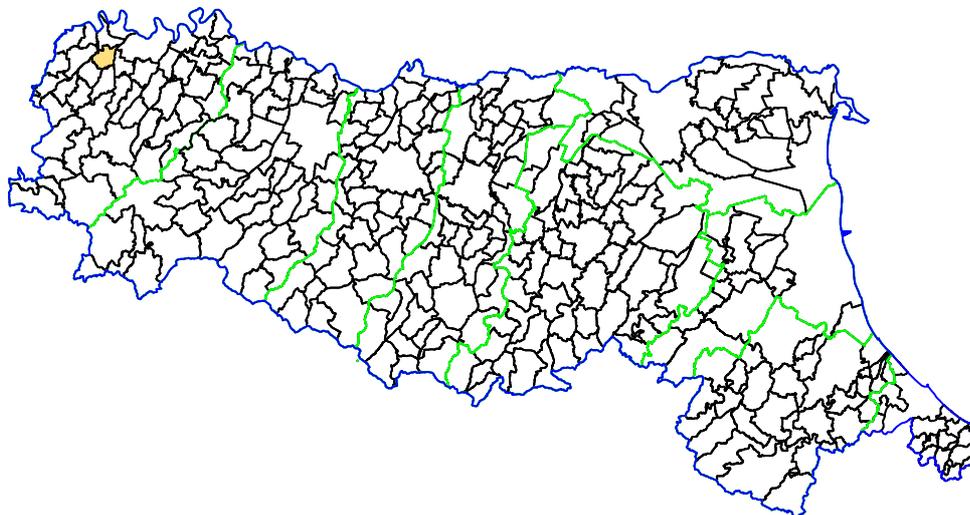


CONFERENZA DELLE REGIONI E  
 DELLE PROVINCE AUTONOME

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna  
 Comune di Gragnano Trebbiense



Regione

Soggetto realizzatore



**AMBITER S.r.l.**  
 società di ingegneria ambientale

Via Nicolodi, 5/A - 43126 Parma (PR)  
 Tel: 0521-942630 - Fax: 0521-942436  
 e-mail: info@ambiter.it  
 PEC: ambiter@pec.ambiter.eu

Data:

maggio 2021  
 rev. 3





**PROTEZIONE CIVILE**  
 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
 DELLE PROVINCE AUTONOME

UBICAZIONE

**REGIONE EMILIA ROMAGNA**

**COMUNE DI GRAGNANO TREBBIENSE (PC)**

OGGETTO

**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA**

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



**AMBITER** s.r.l.  
 società di ingegneria ambientale

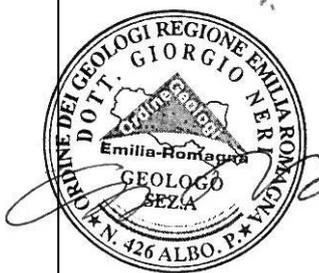
Via Nicolodi, 5/A 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

**DIREZIONE TECNICA**

dott. Giorgio Neri

**REDAZIONE**

dott. geol. Adriano Biasia



**CODIFICA**

1 7 6 5

0 3

R T

0 1

2 0

**ELABORATO**

**DESCRIZIONE**

**RI**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

03	05/2021	A. Biasia		G. Neri	G. Neri	Integrazioni
02	12/2020	A. Biasia		G. Neri	G. Neri	Integrazioni
01	10/2020	A. Biasia		G. Neri	G. Neri	Integrazioni
00	08/2020	A. Biasia		G. Neri	G. Neri	Emissione
<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>REDAZIONE</b>		<b>VERIFICA</b>	<b>APPROV.</b>	<b>DESCRIZIONE</b>

FILE	RESP. ARCHIVIAZIONE	COMMESSA
1765_04_MS_01_01	AB	1765

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1	EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI GRAGNANO TREBBIENSE.....	4
2.2	SISMICITA' STORICA.....	6
2.3	ZONAZIONE SISMOGENETICA .....	7
<b>3</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>10</b>
3.1	ASSETTO STRUTTURALE GENERALE.....	12
<b>4</b>	<b>ELABORATI CARTOGRAFICI.....</b>	<b>14</b>
4.1	CARTA DELLE INDAGINI.....	14
4.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA .....	19
4.3	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SIMICA.....	20
4.4	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA .....	22
4.5	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO DEI VALORI DI $H_{SM}$ .....	25
<b>5</b>	<b>COMMENTI FINALI E CRITICITA' .....</b>	<b>27</b>

## ALLEGATI

1. Indagini geofisiche tipo MASW e REMI
2. Analisi dei microtremitori HVSR
3. Ulteriori indagini geognostiche disponibili dall'archivio comunale o disponibili dal database del S.G.S.S. della Regione Emilia Romagna

## 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 previsto per il Comune di Gragnano Trebbiense, per il quale sono stati assegnati i contributi previsti dall'Allegato a della D.G.R. n. 6559/2019 del 11/04/2019, è il **Livello 2**.

Quale riferimento tecnico per la realizzazione dello studio e per la redazione degli elaborati richiesti verrà fatto specifico riferimento agli *"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"* approvati 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. 630/2019: "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, l.r. n. 24/2017)".

La presente relazione descrive le fasi di studio, le indagini disponibili 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 Gragnano Trebbiense.

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

- n. 11 prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n. 11 analisi dei microtremori a stazione singola (HVSr);

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 litotecniche - alla scala X=1:5.000 Y= 1:1.000;
- Tav. 04 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - alla scala 1:5.000;
- Tav. 05 - Carta delle frequenze naturali dei terreni - alla scala 1:5.000;
- Tav. 06 - Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ ) - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07a - Carta di microzonazione sismica - Valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07b - Carta di microzonazione sismica (Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.1-0.5s.) - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07c - Carta di microzonazione sismica (Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.4-0.8 s.) - alla scala 1:5.000;
- Tav. 07d - Carta di microzonazione sismica (Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.7-1.1 s.) - alla scala 1:5.000;
- Tav. 08 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM - alla scala 1:5.000.

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

### 2.1 EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI GRAGNANO TREBBIENSE

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Gragnano Trebbiense, 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".

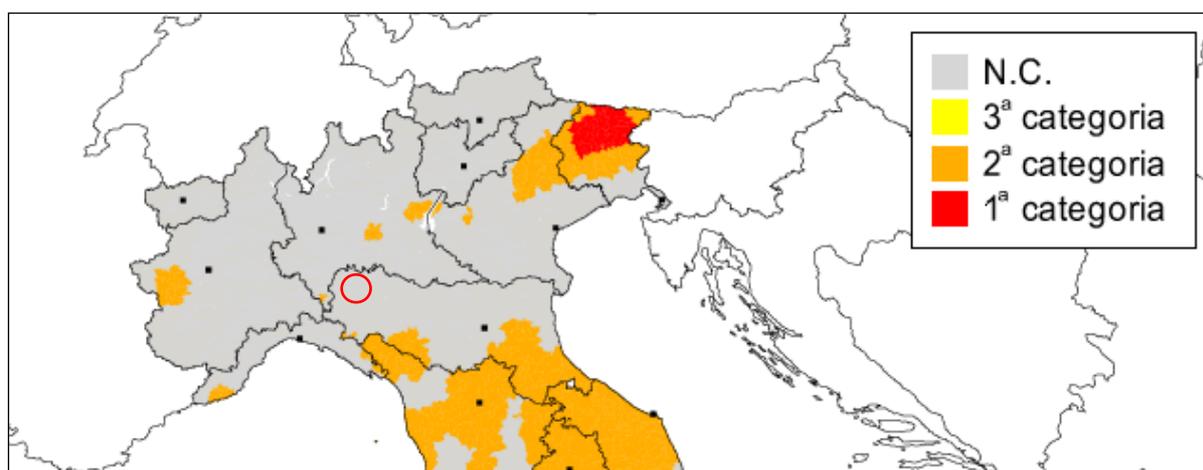


Figura 1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

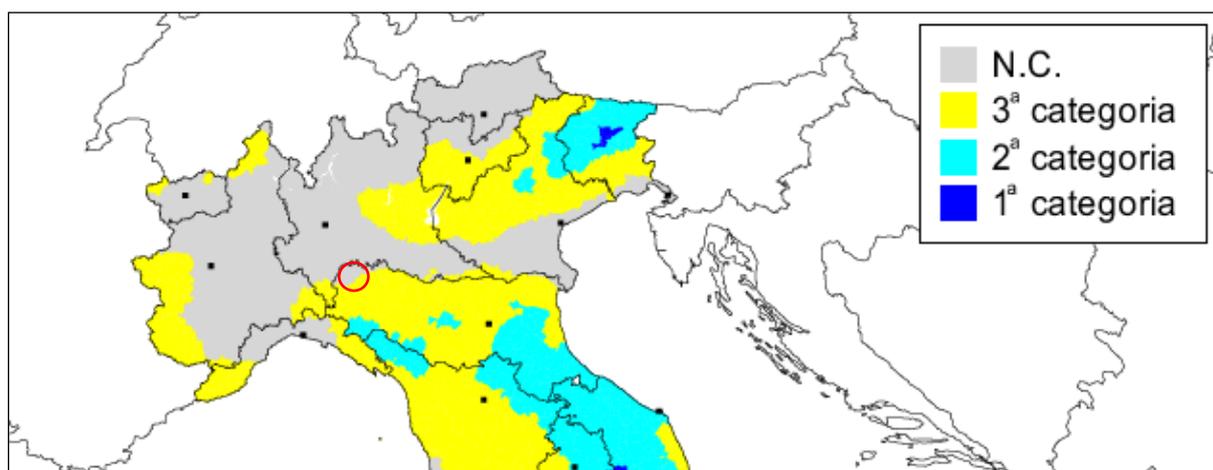


Figura 2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

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.

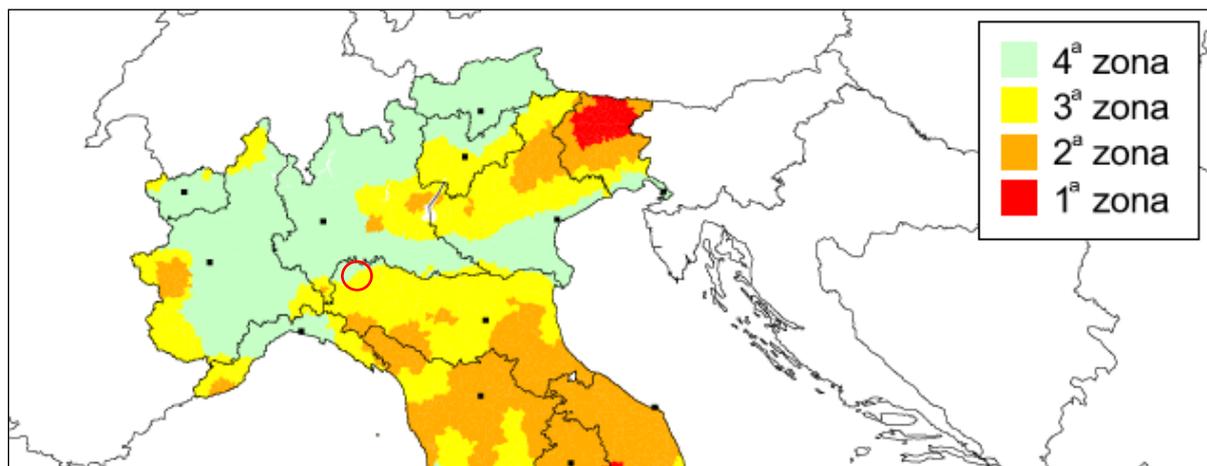


Figura 3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

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 Delibera n. 1164 del 23/07/2018, la Regione Emilia Romagna ha recentemente predisposto l'aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni della Regione, la quale prevede che il territorio comunale di Gragnano Trebbiense è classificato in classe 3, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15 (ag/g).

Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

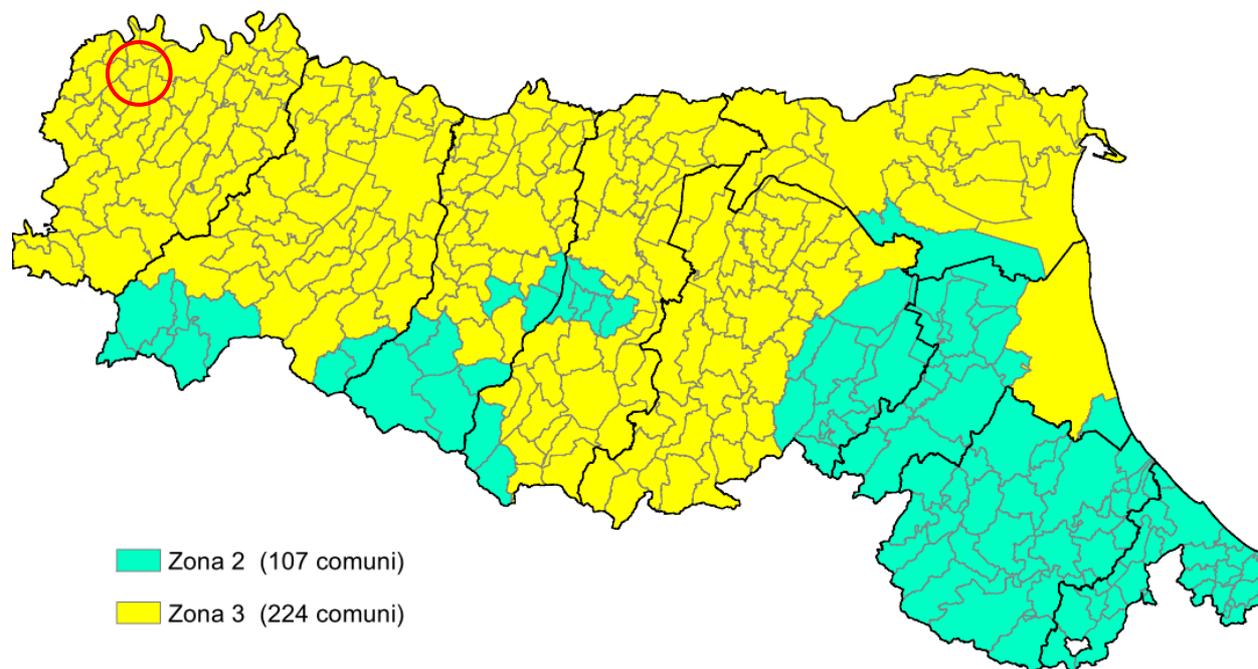


Figura 4: Classificazione sismica dei comuni delle Regione Emilia Romagna

## 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 Loli, Paolo Gasperini, luglio 2016), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

La sismicità storica del Comune di Gragnano Trebbiense 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), è consultabile al sito consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

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

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
NF	1995 12 31 21 29 47.60	Appennino reggiano	96	4-5	4,51
NF	2000 08 21 17 14	Monferrato	595	6	4,94

Tabella 2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Gragnano Trebbiense

### 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 5 si evince che il Comune di Gragnano Trebbiense ricade all'interno della Zona Sismogenetica 911.

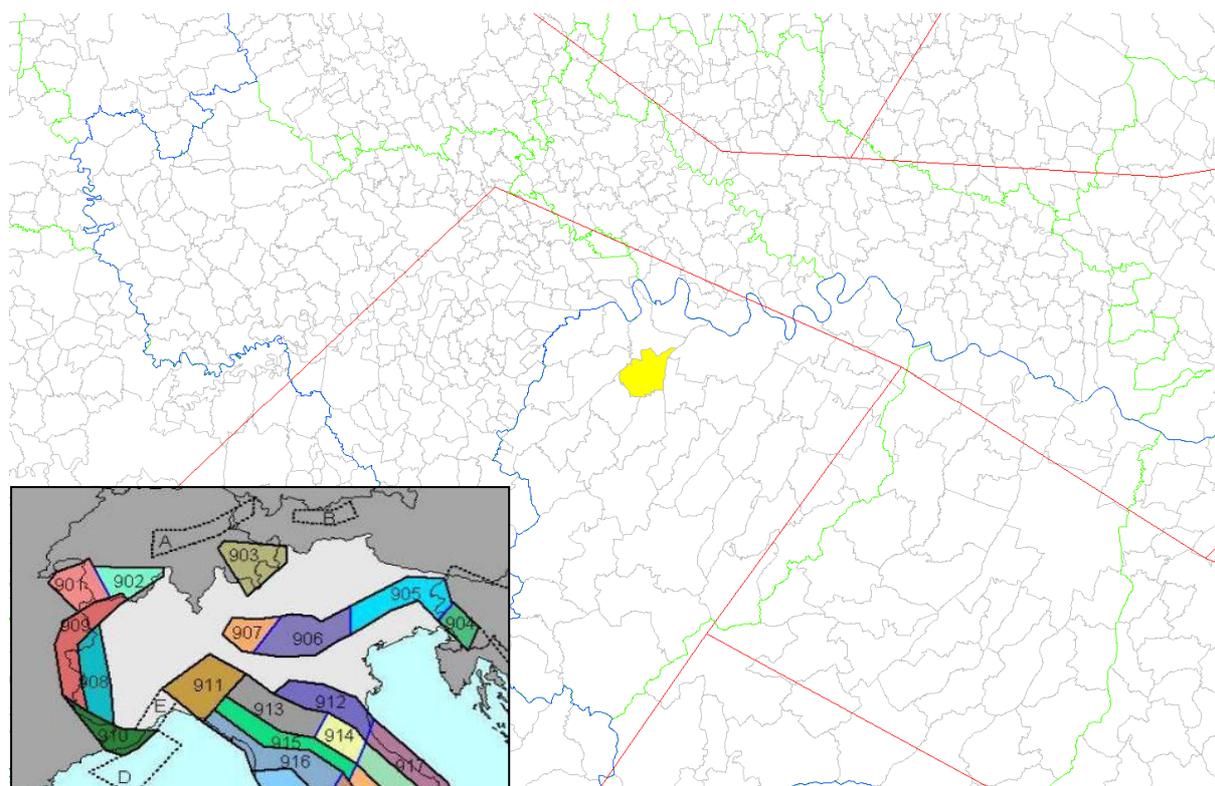


Figura 5: Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

La Zona Sismogenetica 911 rappresenta la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a  $M_d = 4,1$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a  $M_{max} = 6,14$ .

Si evidenzia inoltre che, dalle informazioni desumibili dal DISS 3.2.1 di INGV (Database of individual Seismogenic Sourced dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), il Comune di Gragnano Trebbiense non risulta interessato direttamente da strutture sismogeniche responsabili di forti terremoti; è pertanto presumibile che i terremoti più significativi registrati nel territorio comunale di Gragnano Trebbiense siano attribuibili all'attività sismica di strutture di aree limitrofe (ITCS044 - Portalbera-Cremona, ITCS045 - San Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro, ITCS009 - Busseto-Caviago).

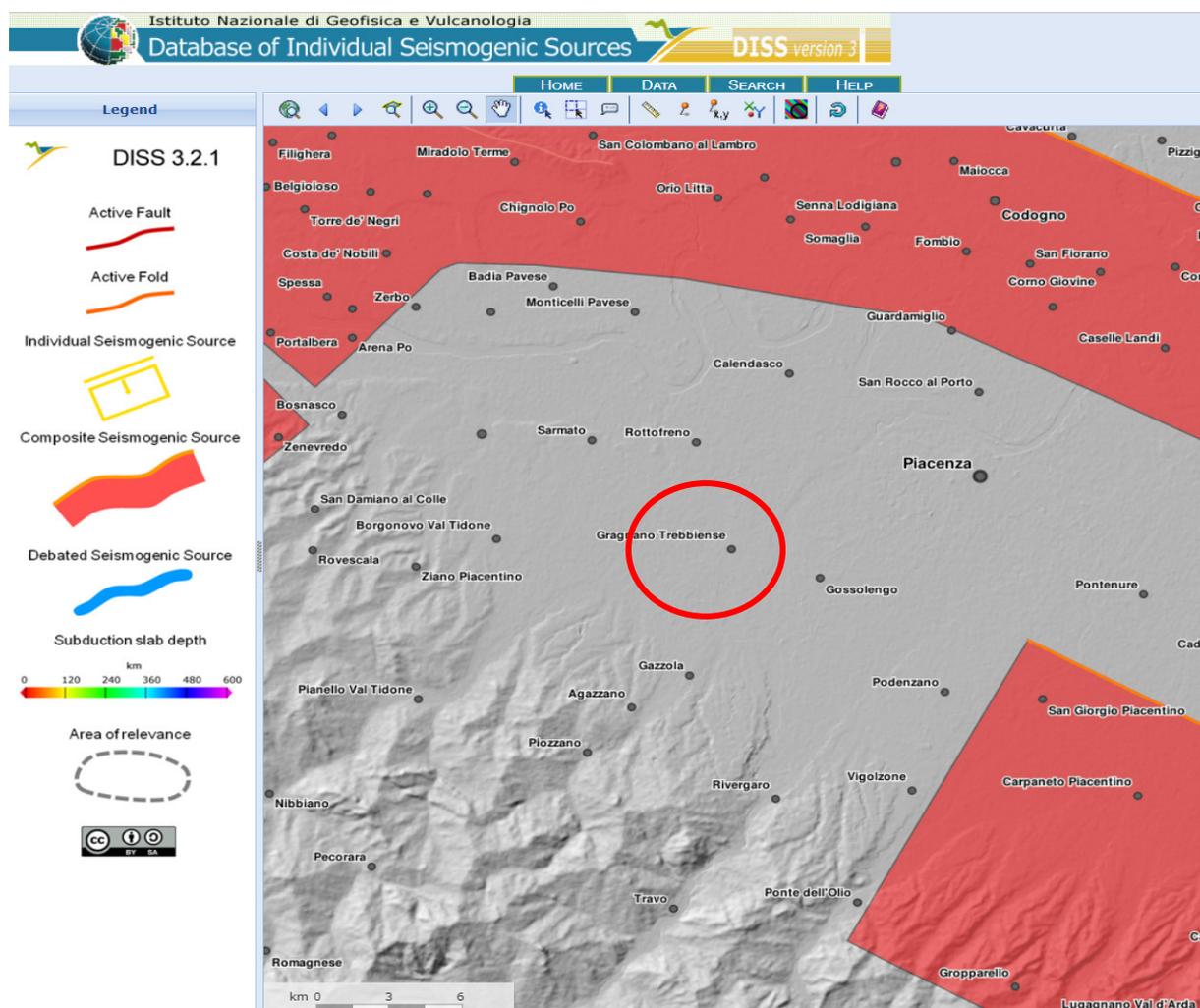


Figura 6: Stralcio Database of individual Seismogenenic Sourced dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Gruppo di lavoro DISS (2015). Database delle fonti di sismogenicità individuale (DISS), versione 3.2.0: compilazione di fonti potenziali per i terremoti più grandi di M 5.5 in Italia e nelle aree circostanti. <http://diss.rm.ingv.it/diss/> , Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI: 10,6092 / INGV.IT-DISS3.2.0)

### 3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Gragnano Trebbiense, che occupa una superficie di circa 34,5 km<sup>2</sup>, si sviluppa in aree pianeggianti del settore nord occidentale della provincia di Piacenza, e risulta caratterizzato da depositi alluvionali di natura prevalentemente ghiaiosa, riferibili principalmente alla conoide del F. Trebbia e del T. Tidone, presenti in affioramento e in profondità per oltre 100 m dal piano campagna.

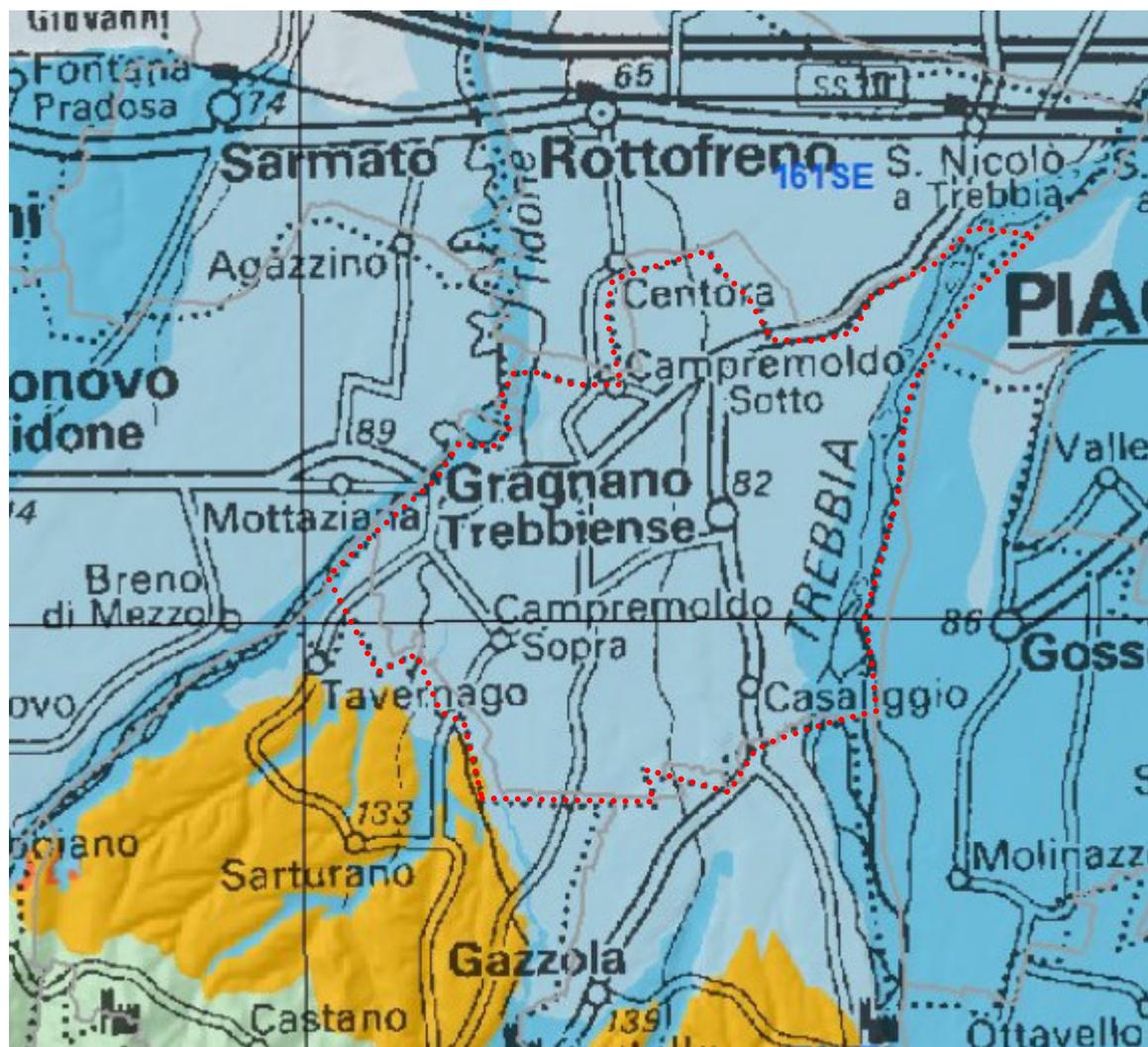
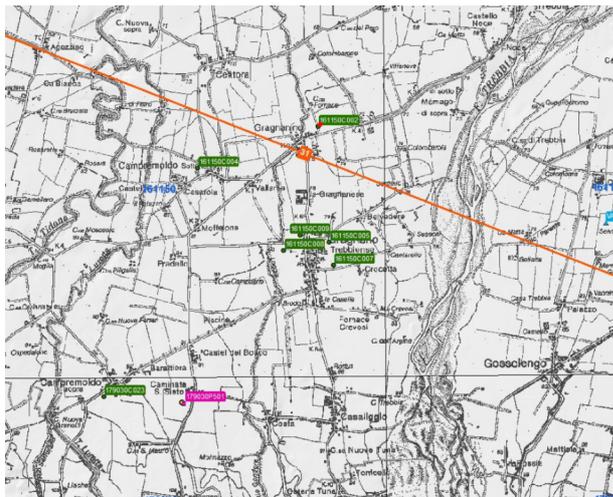
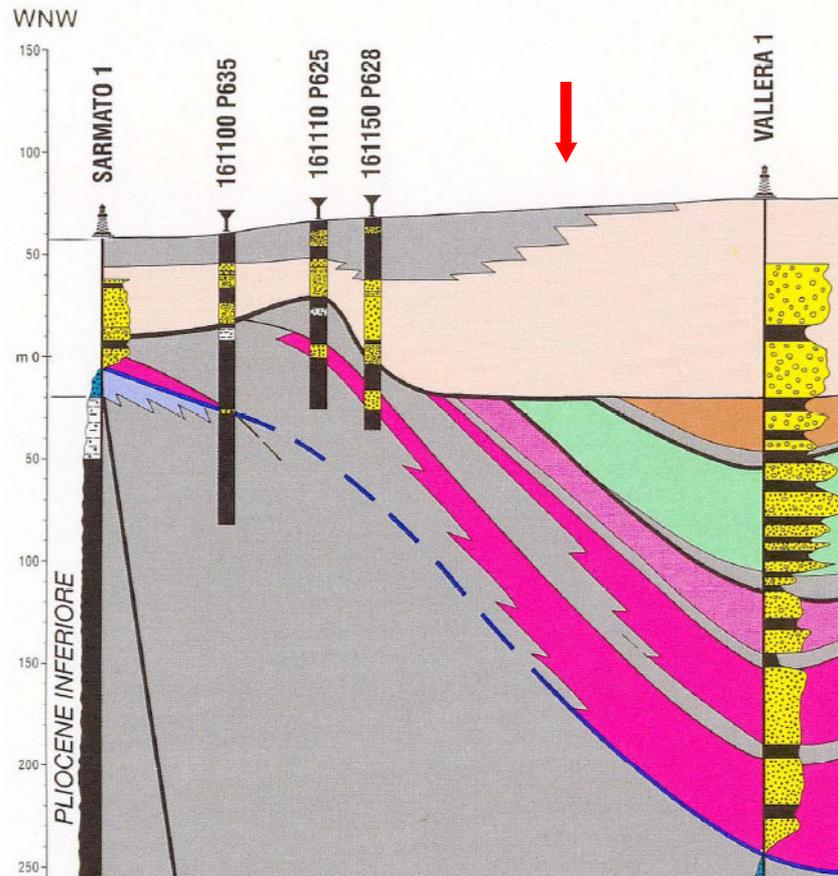


Figura 7: Distribuzione dei depositi alluvionali presenti all'interno del territorio comunale di Gragnano Trebbiense



UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE				ETÀ (milioni di anni)	SCALA CRONO- STRATIGRAFICA (milioni di anni)
GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO	SISTEMA ACQUITARDO		
A	A1			~ 0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE 0.125
	A2				
	A3				
	A4				
B	B1			~ 0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
	B2				
	B3				
	B4				
C	C1			~ 0.65	PLEISTOCENE INFERIORE 0.69
	C2				
	C3				
	C4				
	C5				
ACQUITARDO BASALE				~ 3.9	PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE 1.72 PLIOCENE SUPERIORE 3.55 PLIOCENE INF. MIOCENE

SISTEMA ACQUIFERO saturo d'acqua salmastra/salata

Figura 8: Stralcio sezione idrostratigrafica n. 31 (fonte SGSS della Regione Emilia Romagna)

Come si osserva dalle stratigrafiche riportate nella figura precedente, l'intero territorio comunale di Gragnano Trebbiense è caratterizzato dalla costante presenza di estesi corpi ghiaiosi (localmente anche con livelli conglomeratici), ricoperti da una copertura di depositi limoso argillosi o limoso sabbiosi dello spessore variabile da 5 a 15 metri.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, il territorio comunale di Gragnano Trebbiense risulta caratterizzato dalla presenza di tre Gruppi Acquiferi, separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati Gruppo Acquifero A, B e C (a partire dal piano campagna).

La profondità della base del Gruppo Acquifero A (il più superficiale) si posiziona a profondità progressivamente crescentispostandosi dai quadranti meridionali verso quelli settentrionali, passando infatti da 0 a circa -50 m rispetto al livello del mare, corrispondenti a profondità dal p.c. pari a poco più di 100 m.

Si tratta sostanzialmente di un acquifero monostrato, freatico e in diretta connessione con l'andamento del regime idrico del F. Trebbia.

Sulla base dei rilievi effettuati, nell'ambito dello Studio Geologico del Quadro Conoscitivo del PSC di Gragnano Trebbiense è stato ricostruito l'andamento della superficie piezometrica della falda più "superficiale", che individua valori di soggiacenza inferiori a 15 metri di profondità all'interno di tutto il territorio comunale.

### **3.1 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE**

Il territorio comunale di Gragnano Trebbiense 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 piacentina 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 quaternari 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 Gragnano Trebbiense lo spessore massimo di questi depositi arriva ad oltre 150 metri.

## 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), dall'archivio dell'Ufficio tecnico del Comune di Gragnano Trebbiense e da indagini fornite direttamente dalla Società AMBITER S.r.l.

Le indagini raccolte sono le seguenti:

- n. 15 stratigrafie di pozzi idrici;
- n. 22 prove penetrometriche statiche CPT;
- n. 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo;
- n. 5 indagini geofisiche tipo ReMi;
- n. 1 analisi dei microtremori HVSR.

In considerazione dei dati disponibili e dell'assetto geolitologico del territorio comunale, caratterizzato da depositi alluvionali costituiti da una miscela di ghiaie, sabbie e limi argillosi che ricoprono il substrato geologico marino non rigido relativo al Subsistema di Costamezzana (CMZ), si propone per lo Studio di MS di integrare i dati pregressi mediante la realizzazione delle seguenti indagini:

- n. 11 prove MASW;
- n. 11 analisi dei microtremori HVSR;

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

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 4.1".

#### 4.1.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

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 Vs.

Complessivamente risultano disponibili n. 11 indagini MASW.

Sigla	Tipo di indagine	Vsh	località	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
L1	MASW	Vs22	Compremoldo di sopra	263
L6	MASW	Vs9	Gragnano	323
L8	MASW	Vs3	Casaliggio	220
L9	MASW	Vs8	Costa	198
L10	MASW	Vs3	Casaliggio	248
L11	MASW	Vs7	Gragnano	275
L12	MASW	Vs9	Gragnano	308
L13	MASW	Vs16	Compremoldo di sotto	321
L14	MASW	Vs9	Gragnanino	317
L15	MASW	Vs3	Colombarola	247
L16	MASW	Vs3	Colombarola	318

Tabella 1 - Riepilogo indagini MASW utilizzate per il calcolo dei fattori di amplificazione

#### 4.1.2 Refraction Microtremors (ReMi)

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 Vs relativi ai terreni prossimi alla superficie. L'inversione di questa curva consente di ricostruire l'andamento delle Vs con la profondità.

Complessivamente risultano disponibili n. 5 indagini ReMi:

Sigla	Tipo di indagine	Vsh	località	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
L2	ReMi	Vs13	Gragnano	509
L3	ReMi	Vs11	Gragnano	450
L4	ReMi	Vs14	Gragnano	375
L5	ReMi	Vs10	Gragnano	421
L7	ReMi	Vs5	Gragnanino	318

Tabella 2 - Riepilogo indagini ReMi disponibili

#### 4.1.3 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).

Complessivamente risultano disponibili n. 12 indagini HVSR:

Sigla	Tipo di indagine	località	Frequenza $f_1$ (Hz)	Rapporto spettrale H/V
P43	HVSR	Gragnanino	18,1	3,9
P45	HVSR	Gragnano	13,4	1,4
P48	HVSR	Gragnano	14,6	3,3
P49	HVSR	Gragnano	16,7	3,2
P50	HVSR	Compremoldo di sotto	6,5	1,9
P51	HVSR	Gragnanino	16,5	2,9
P52	HVSR	Colombarone	>20	-
P53	HVSR	Colombarone	>20	-
P54	HVSR	Casaliggio	>20	-
P55	HVSR	Casaliggio	19,8	2,8
P56	HVSR	Costa	6,6	2,5
P57	HVSR	Compremoldo di sopra	15,8	3,9

Tabella 3 - Riepilogo indagini HVSR disponibili

#### 4.1.4 Prove penetrometriche statiche CPT

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).

Complessivamente risultano disponibili n. 22 indagini CPT:

Sigla	Tipo di indagine	località	Profondità raggiunta (m)	Tetto delle ghiaie (m)
P1	CPT	Gragnano	2,0	1,8
P2	CPT	Gragnano	3,0	2,6
P3	CPT	Gragnano	3,4	3,0
P4	CPT	Gragnano	11,0	10,4
P10	CPT	Gragnanino	4,0	3,6
P15	CPT	Compremoldo di sotto	9,6	-
P20	CPT	Compremoldo di sopra	13,0	-
P26	CPT	Casaliggio	2,6	2,6

Sigla	Tipo di indagine	località	Profondità raggiunta (m)	Tetto delle ghiaie (m)
P29	CPT	Gragnano	2,6	2,2
P30	CPT	Gragnano	2,8	2,6
P31	CPT	Casaliggio	2,6	2,6
P32	CPT	Casaliggio	2,0	2,0
P33	CPT	Gragnano	2,2	2,0
P34	CPT	Gragnano	3,0	2,8
P35	CPT	Gragnano	3,4	3,2
P36	CPT	Gragnano	3,8	3,6
P37	CPT	Gragnanino	3,4	3,4
P38	CPT	Gragnanino	2,8	2,8
P39	CPT	Gragnanino	4,6	4,4
P40	CPT	Gragnanino	4,2	3,8
P44	CPT	Gragnanino	3,0	2,8
P46	CPT	Casaliggio	3,6	3,0

Tabella 4 - Riepilogo prove penetrometriche statiche CPT disponibili

#### 4.1.5 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

La prova penetrometrica dinamica DP consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste.

L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di un dato peso.

Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza di 20 cm.

Per le prove effettuate è stato utilizzato un penetrometro dinamico super pesante avente le seguenti caratteristiche:

- maglio di massa pari a 63.5 Kg
- altezza di caduta del maglio di 75 cm
- area della punta conica 20.43 cm<sup>2</sup>

Complessivamente risultano disponibili n. 6 indagini DPSH:

Sigla	Tipo di indagine	località	Profondità raggiunta (m)	Tetto delle ghiaie (m)
P5	DPSH	Gragnano	9,3	3,3
P9	DPSH	Gragnanino	5,4	3,6
P27	DPSH	Colombarone	10,5	0,6
P28	DPSH	Colombarone	9,3	2,7
P41	DPSH	Colombarone	2,6	2,3
P47	DPSH	Colombarone	6,0	2,7

Tabella 5 - Riepilogo prove penetrometriche dinamiche DPSH disponibili

#### 4.1.6 Sondaggi a carotaggio continuo

Nel territorio comunale sono disponibili n. 2 sondaggi a carotaggio continuo:

Sigla	Tipo di indagine	località	Profondità raggiunta (m)	Tetto delle ghiaie (m)
P16	SCC	Compremoldo di sopra	105,0	7,8
P42	SCC	Colombarone	15,0	1,7

Tabella 6 - Riepilogo sondaggi a carotaggio continuo

#### 4.1.7 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	Tipo di indagine	località	Profondità raggiunta (m)	Tetto delle ghiaie (m)
P6	Pozzo idrico	Gragnano	46	6
P7	Pozzo idrico	Gragnano	64	0,5
P8	Pozzo idrico	Gragnano	33	6
P11	Pozzo idrico	Gragnanino	42,5	0,5
P12	Pozzo idrico	Gragnanino	46	0,5
P13	Pozzo idrico	Compremoldo di sopra	55,5	3,5
P14	Pozzo idrico	Compremoldo di sotto	58,2	8
P17	Pozzo idrico	Compremoldo di sotto	51,5	12
P18	Pozzo idrico	Compremoldo di sopra	53	15
P19	Pozzo idrico	Compremoldo di sopra	49	11,5
P21	Pozzo idrico	Costa	66,5	11,5
P22	Pozzo idrico	Casaliggio	80	2,5
P23	Pozzo idrico	Casaliggio	38,5	1,5
P24	Pozzo idrico	Casaliggio	65	2
P25	Pozzo idrico	Casaliggio	55,2	2

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 4.1".

Per la comprensione degli aspetti litostratigrafici nel sottosuolo e per schematizzare in forma sintetica i dati disponibili, sono state elaborate n. 9 sezioni litologiche, 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 Gragnano Trebbiense, disponibili al sito <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/sezioni-geologiche-prove-geognostiche-pianura> (Sez. 31).

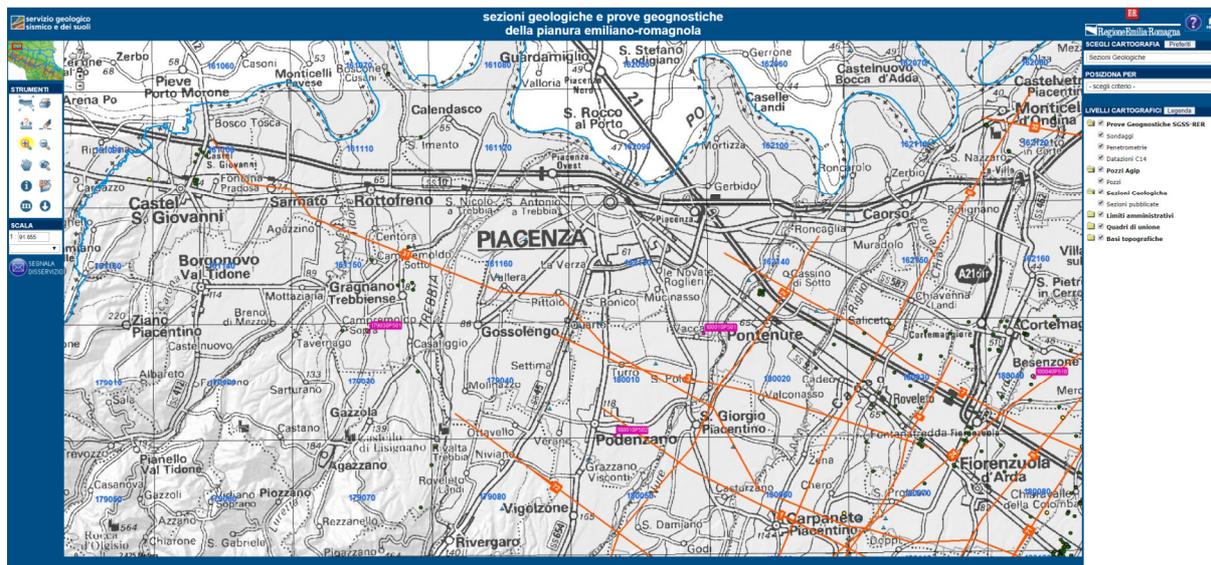


Figura 9: Traccia della sezioni “pubblicate” ricadenti nel territorio comunale di Gragnano Trebbiense (da “Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola” del SGSS della Regione Emilia Romagna)

Dall’esame della Tavola 02 - Carta Geologico tecnica e dalle sezioni litologiche ricostruite è possibile osservare che il territorio comunale di Gragnano Trebbiense risulta in gran parte caratterizzato da depositi alluvionali di natura prevalentemente ghiaiosa (assimilabili al gruppo GM) costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla deposti in ambiente di conoide alluvionale. Nella zone afferenti alle frazioni di Compremoldo di sotto e compremoldo di sotto, in superficie e per i primi 10/15 metri prevalgono litologi più fini (assimilabili al gruppo CL).

### 4.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SIMICA

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

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\_1" 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 le 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<sub>FR</sub>);
- liquefazioni, in pedice LQ (ZA<sub>LQ</sub>);
- faglie attive e capaci, in pedice FAC (ZA<sub>FAC</sub>);
- cedimenti differenziali, pedice CD (ZA<sub>CD</sub>);
- sovrapposizione di instabilità differenti, in pedice ID (ZA<sub>ID</sub>)

Sulla base dell'elaborazione dei dati cartografici e numerici desunti dalle indagini bibliografiche e dalle indagini realizzate per il presente Studio di MS, è possibile affermare che all'interno del territorio comunale di Gragnano Trebbiense possono essere individuate esclusivamente le seguenti **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**:

**Zona 2001:** Alternanze plurimetriche di depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi e depositi limoso sabbiosi o limoso argillosi, dello spessore di oltre 30-40 metri e coperture politessurali di spessore variabile compreso tra 3-5. Substrato non rigido caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s

In tale zona ricadono il capoluogo di Gragnano Trebbiense e la frazione di Casaliggio.

**Zona 2002:** Depositii prevalentemente ghiaiosi in abbondante matrice limoso sabbiosa e limoso argillosa, dello spessore di oltre 30-40 metri e coperture politessurali di spessore variabile compreso tra 3-5. Substrato non rigido caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s

In tale zona ricadono le frazioni di Colombarone e Gragnanino.

**Zona 2003:** Alternanze plurimetriche di depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi e depositi limoso sabbiosi o limoso argillosi, dello spessore di oltre 30-40 metri e coperture politessurali di spessore variabile compreso tra 8-15. Substrato non rigido caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s.

In tale zona ricade le frazioni di Compremoldo di sotto, Compremoldo di sopra e Costa.

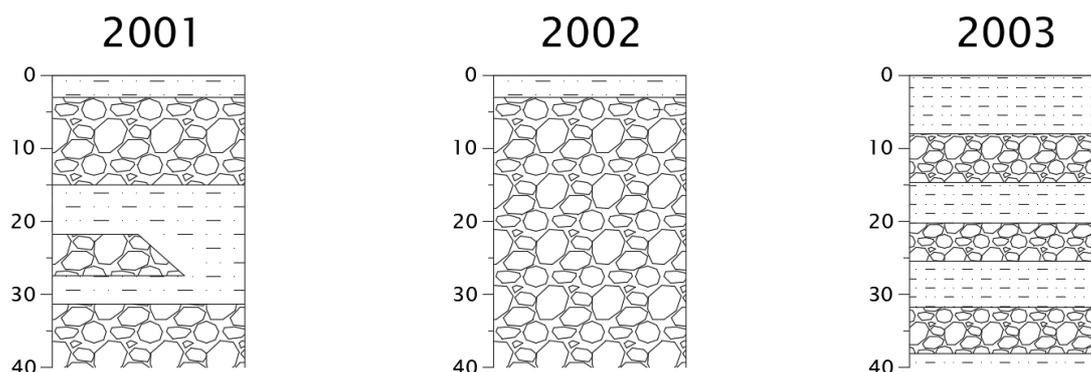


Figura 10: Colonnine stratigrafiche di riferimento per le microzone individuate

#### 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 630/2019.

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2018), come segue:

*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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 FA riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno  $TR=475$  anni, con smorzamento  $\zeta=5\%$ , e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA);
- intensità spettrale  $SA = \int A(T, \zeta) dT$

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SA1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SA2</b>	0,4 s	0,8 s
<b>SA3</b>	0,7 s	1,1 s
<b>SA4*</b>	0,5 s	1,5 s

- intensità spettrale  $SI = \int V(T, \zeta) dT$

dove  $V$  è lo spettro di risposta in velocità,  $T$  è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio  $T$  ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SI1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SI2</b>	0,5 s	1,0 s
<b>SI3*</b>	0,5 s	1,5 s

In considerazione dell'assetto litostratigrafico ricostruito e della profondità del bedrock sismico, il territorio comunale di Gragnano Trebbiense è stato considerato assimilabile all'ambiente geolitologico "MARGINE DI TIPO A" previsto nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 630/2019.

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

località	Zona	Ambiente	H	Bedrock (m/s)	Vsh (m/s)	PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2
Compremoldo di sopra	2003	Margine A	20	Vs<800	250	2,0	2,1	2,6	2,3	2,3	2,5
Costa	2003	Margine A	10	Vs<800	200	2,2	2,3	2,2	1,8	2,4	2,0
Casaliggio	2001	Margine A	5	Vs<800	200	2,1	2,0	1,7	1,6	1,9	1,7
Casaliggio	2001	Margine A	5	Vs<800	250	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6
Gragnano	2001	Margine A	10	Vs<800	300	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7
Colombarola	2002	Margine A	5	Vs<800	300	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
Colombarola	2002	Margine A	5	Vs<800	250	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6
Gragnanino	2002	Margine A	10	Vs<800	300	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7
Gragnanino	2002	Margine A	5	Vs<800	300	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
Compremoldo di sotto	2003	Margine A	15	Vs<800	300	1,8	1,9	2,0	1,9	1,9	2,0

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

#### 4.5 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO DEI VALORI DI $H_{SM}$

La carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$  (Naso et al., 2019), rappresenta il parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in  $cm/s^2$ ), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity ( $ASI_{UHS}$ ), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ , diviso per  $\Delta T$  (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodo:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di  $ASI_{UHS}/\Delta T$ , calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono stati ricavati dal file all\_4\_coord.kmz (cartella Allegato\_4.zip) della DGR 630/2019, disponibile nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

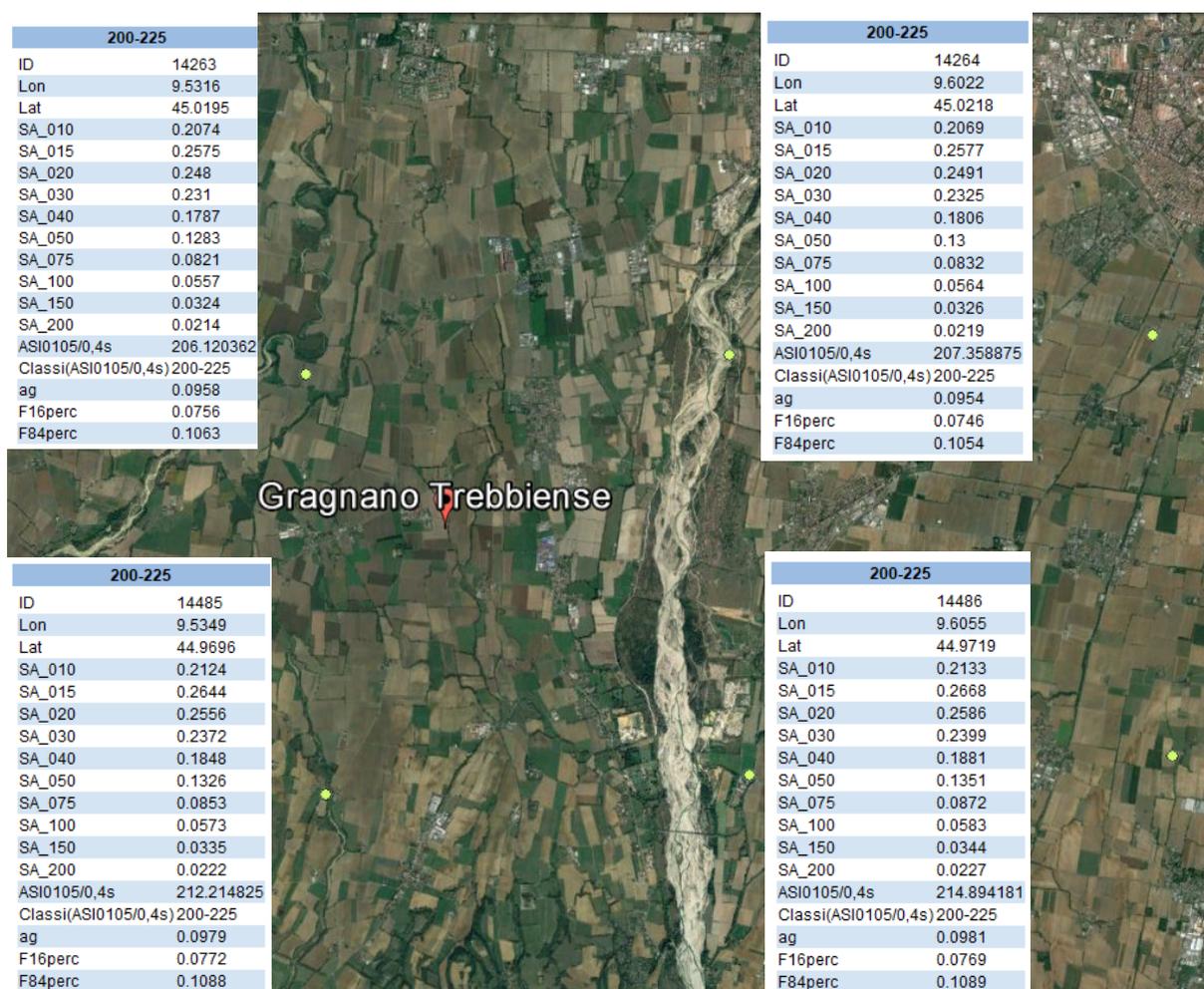


Figura 11: Stralcio all\_4\_coord.kmz (cartella Allegato\_4.zip) della DGR 630/2019 per l'area di interesse

I valori di  $H_{SM}$ , calcolati per ciascuna microzona individuata sono riportati di seguito:

località	Zona	SA1	$H_{SM}$ (cm/s <sup>2</sup> )
Compremoldo di sopra	2003	2,1	439
Costa	2003	2,3	485
Casaliggio	2001	1,7	359
Casaliggio	2001	2,0	422
Gagnano	2001	1,8	372
Colombarola	2002	1,5	308
Colombarola	2002	1,7	349
Gagnanino	2002	1,8	309
Gagnanino	2002	1,5	308
Compremoldo di sotto	2003	1,9	390

Tabella 4: Sintesi dei valori di  $H_{SM}$

## 5 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

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

- 1) Il territorio del comune di Gragnano Trebbiense 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 3 zone omogenee in prospettiva sismica.
- 3) In considerazione dell'assetto litostratigrafico ricostruito e dei risultati delle indagini geofisiche eseguite, il territorio comunale di Gragnano Trebbiense è stato considerato assimilabile all'ambiente "Margine di tipo A" previsto nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 630/2019.
- 4) Sulla base dell'elaborazione dei dati cartografici e numerici desunti dalle indagini bibliografiche e dalle indagini realizzate per il presente Studio di MS, è possibile affermare che all'interno del territorio comunale di Gragnano Trebbiense possono essere individuate esclusivamente Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.
- 5) In relazione ai valori di Vs registrati dalle indagini MASW e ReMi disponibili e alla profondità del bedrock sismico, è stato possibile calcolare i valori dell'amplificazione dovuta ad effetti stratigrafici (tramite l'utilizzo degli abachi dell'allegato A2.1.2 degli Indirizzi Regionali):

località	Zona	Ambiente	H	Bedrock (m/s)	Vsh (m/s)	PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2
Compremoldo di sopra	2003	Margine A	20	Vs<800	250	2,0	2,1	2,6	2,3	2,3	2,5
Costa	2003	Margine A	10	Vs<800	200	2,2	2,3	2,2	1,8	2,4	2,0
Casaliggio	2001	Margine A	5	Vs<800	200	2,1	2,0	1,7	1,6	1,9	1,7
Casaliggio	2001	Margine A	5	Vs<800	250	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6
Gragnano	2001	Margine A	10	Vs<800	300	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7
Colombarola	2002	Margine A	5	Vs<800	300	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
Colombarola	2002	Margine A	5	Vs<800	250	1,8	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6
Gragnanino	2002	Margine A	10	Vs<800	300	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7
Gragnanino	2002	Margine A	5	Vs<800	300	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
Compremoldo di sotto	2003	Margine A	15	Vs<800	300	1,8	1,9	2,0	1,9	1,9	2,0

- 6) Per quanto riguarda le frequenze fondamentali del terreno, tramite le rilevazioni dei microtremori è stato possibile riscontrare valori generalmente  $> 10\text{Hz}$ . Solo nelle frazioni di Compremoldo di sotto e Costa i valori sono invece ricompresi nell'intervallo 6-7 Hz.
- 7) In relazione all'assetto altimetrico e alla morfologia sub-pianeggiante delle aree considerate, non sono possibili effetti di amplificazione locale dovuti all'assetto topografico.
- 8) Per quanto riguarda possibili fenomeni di liquefazione, in relazione alle stratigrafie desunte dai dati bibliografici esistenti, si ritiene che il rischio all'interno del territorio comunale di Gragnano Trebbiense possa essere considerato molto basso. Occorre tuttavia rilevare margini di incertezza legati a possibili locali presenze di orizzonti sabbiosi non intercettati dalle verticali di indagini geognostiche disponibili
- 9) In considerazione della ridotta soggiacenza della falda in alcune aree, della possibile locale presenza di livelli sabbiosi e limoso-sabbiosi nei primi 20 di metri di profondità e della magnitudo massima attesa, nel caso di nuove edificazioni o interventi su manufatti esistenti, è comunque sempre necessario effettuare specifiche verifiche a liquefazione.

**ALLEGATO 1**

INDAGINI GEOFISICHE TIPO MASW E REMI

**ALLEGATO 2**

ANALISI DEI MICROTREMORI HVSR

**ALLEGATO 3**

ULTERIORI INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI DALL'ARCHIVIO COMUNALE O  
DISPONIBILI DAL DATABASE DEL S.G.S.S. DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA