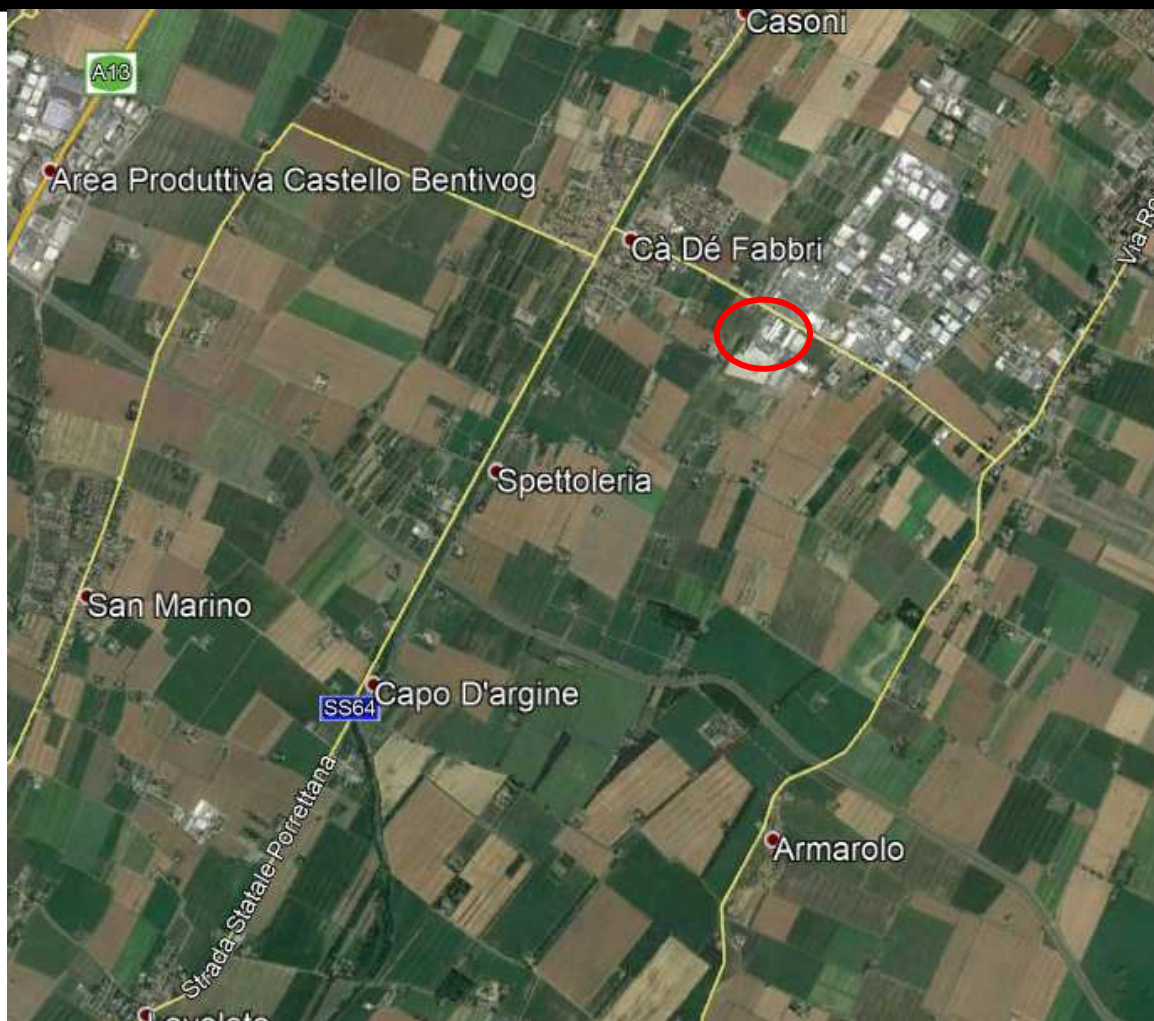


Integrazione alla Relazione geologica



Tecnico incaricato:
dott. geol. Raffaele Sandrelli

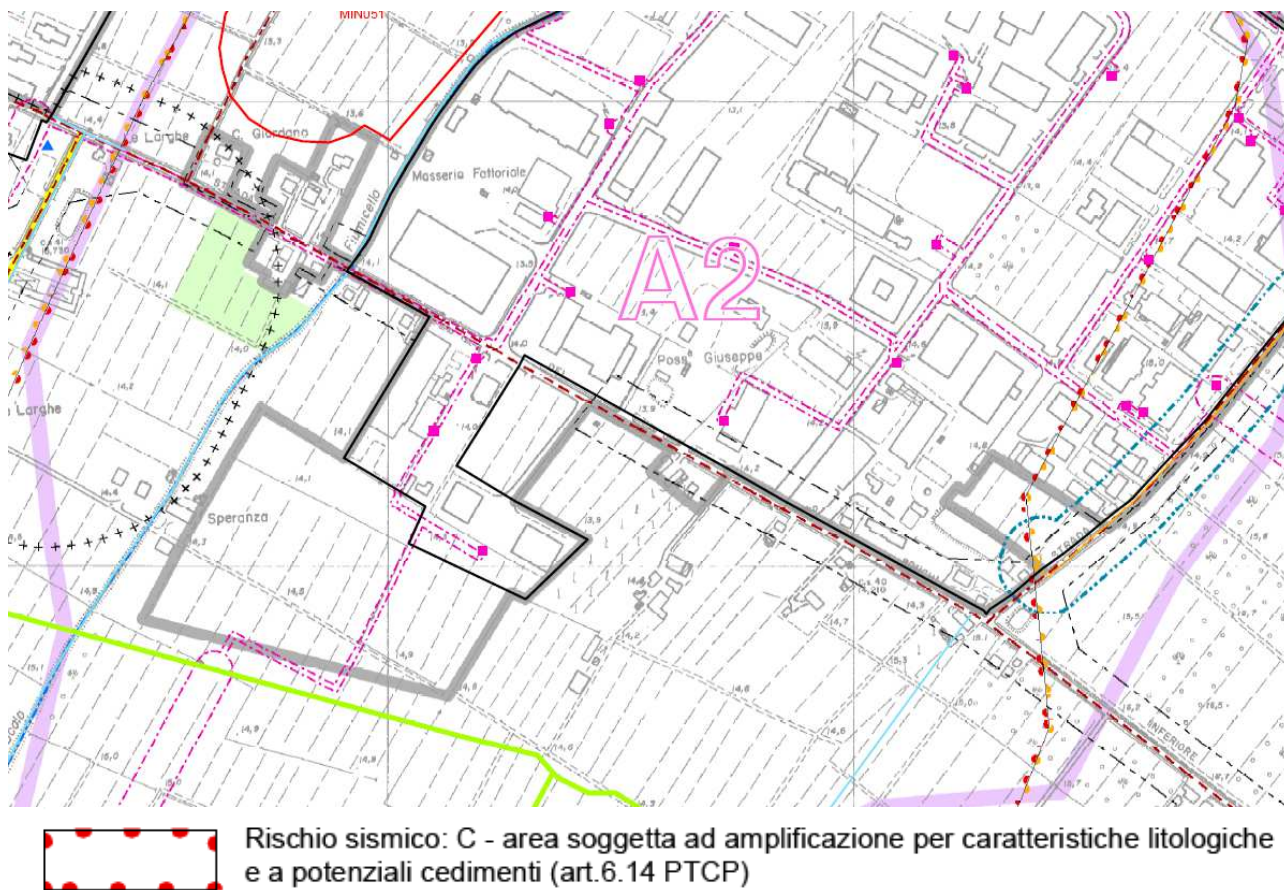


Pianoro (Bo) giugno 2018

1. PREMESSA

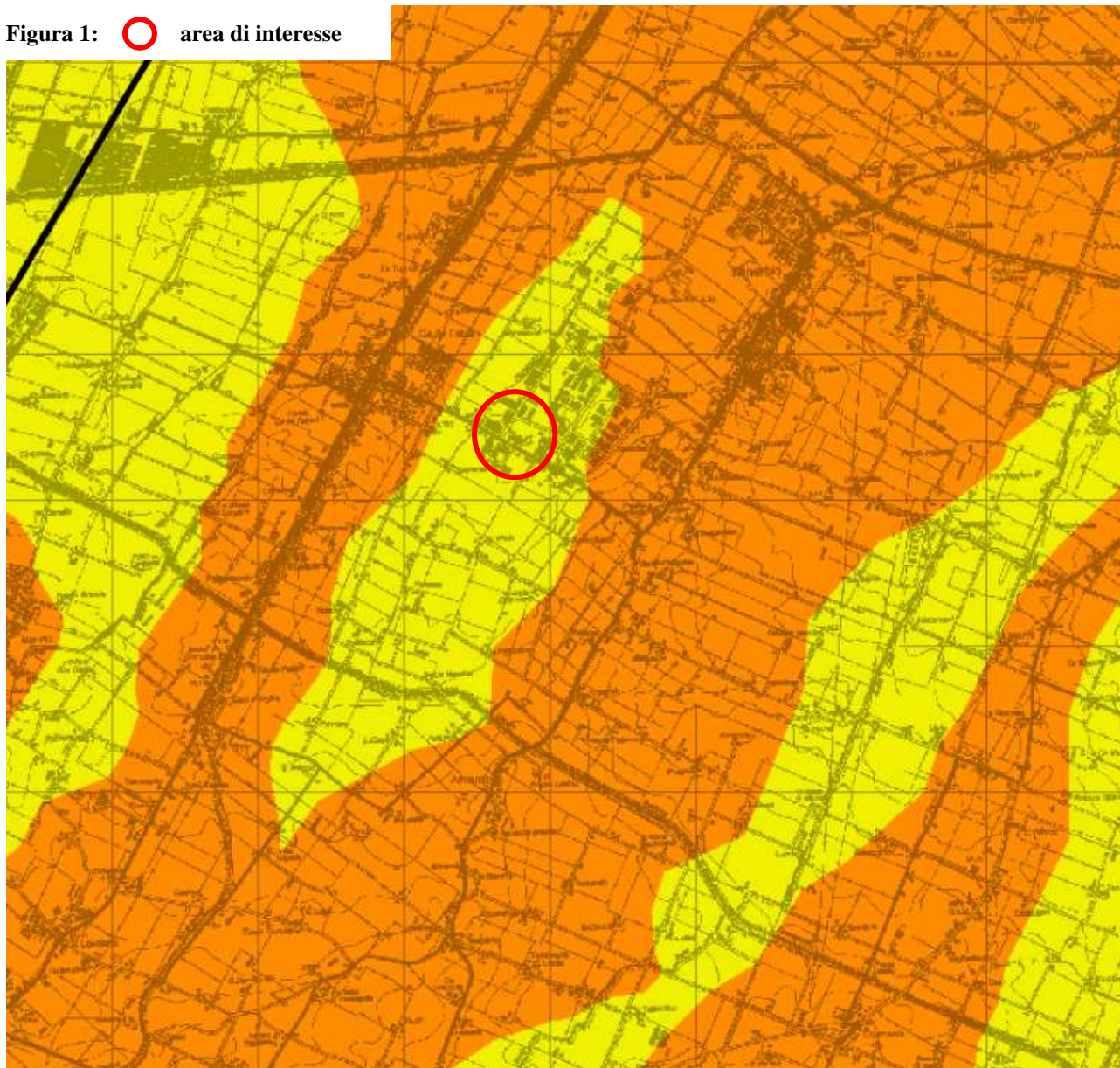
La seguente relazione ha come finalità di integrare e completare la relazione geologica del dicembre 2017, relativamente all'approfondimento per l'inserimento nel RUE-PSC di un'area adiacente al polo produttivo di proprietà della RENNER S.p.a.
















Come dalla variante alla tavola 1.3 del 2016: SISTEMA DEI VINCOLI E DELLE TUTELE, l'area interessata viene ripерimetrata ad area a rischio sismico C, come da art. 6.14 del PTCP, di cui se ne allega stralcio.



Di seguito si allega stralcio della Tavola 2C riferita al Rischio Sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali, come individuato ed adottato dalla carta dei vincoli Comunale.

Figura 1:  area di interesse



-  D - Fascia soggetta ad amplificazione e potenziali cedimenti differenziali
-  FP - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
-  F - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  QP - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
-  Q - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  P50 - Area potenzialmente instabile per scarpate con acclività > 50°
-  L1 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione
-  L2 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione
-  G - Area potenzialmente instabile per presenza di cavità sotterranee
-  R - Aree incoerenti/incerte per caratteristiche litologiche e morfologiche
-  C - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti
-  AP - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
-  A - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
-  P - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche con acclività 30°-50°
-  S - Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali

2. SISMICITÀ

L'Emilia-Romagna è quasi interamente incorporata nel dominio strutturale della catena appenninica esterna e presenta nel complesso, una sismicità frequente che, rispetto alla sismicità nazionale, può essere definita media attività e intensità, con eventi storici contraddistinti da una magnitudo massima compresa mediamente tra 5.5 e 6.0 della scala Richter ed intensità del IX°-X° grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

La distribuzione spaziale dei terremoti rispecchia la distribuzione e la frequenza delle principali strutture attive riconosciute sul territorio che risultano essere localizzate in corrispondenza di tre distinti settori:

- il settore di crinale appenninico, coincidente grossomodo con il fronte di accavallamento delle unità tettoniche di Cervarola e Falterona sulle Liguridi (settore emiliano) e sulla Marnoso-Arenacea (settore romagnolo);
- il margine appenninico-padano;
- le Pieghe Emiliane, Ferraresi e Romagnole.

La Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000, oltre alla definizione della pericolosità sismica locale e all'individuazione di strutture potenzialmente sismogenetiche, offre anche un quadro delle relazioni fra attività tettonica attuale e i rischi naturali. In detto lavoro, infatti, l'analisi comparata della sismicità e delle strutture attive, evidenti per la loro espressione sia morfologica che geologica, unitamente ad una riconsiderazione dei dati disponibili sui movimenti verticali del suolo (sollevamento dei terrazzi alluvionali, subsidenza, evoluzione del reticolo idrografico) e alla ricostruzione delle isobate delle 2 principali e più recenti superfici di discontinuità del sottosuolo (rispettivamente 450.000 anni, base del SERS, e 10.000 anni, base dell'Olocene), ha permesso di ottenere un quadro neotettonico e sismotettonico ben definito del territorio regionale e locale.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri posti mediamente a profondità inferiore a 15Km, risulta molto diffusa nei settori di catena, mentre appare più localizzata nelle aree di pianura, come in corrispondenza degli archi emiliano-ferraresi. Analoga distribuzione, ma con una densità minore, presenta la sismicità crostale, cioè caratterizzata da ipocentri mediamente compresi tra 15 e 35Km di profondità. Per quanto riguarda la sismicità questa è legata alle strutture più profonde,

caratterizzata da sismi con ipocentri posti tra 35 e 50 km, i settori più attivi sono quelli di catena e del margine appenninico-padano.

Riferendosi ai territori più colpiti dagli eventi sismici del 2012 sono state rilevate intensità macrosismiche mediamente pari o superiori al VI grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), con punte pari al VII-VIII grado. Nell'area di studio, le massime intensità macrosismiche rilevate sono state generalmente inferiori al III-IV grado.

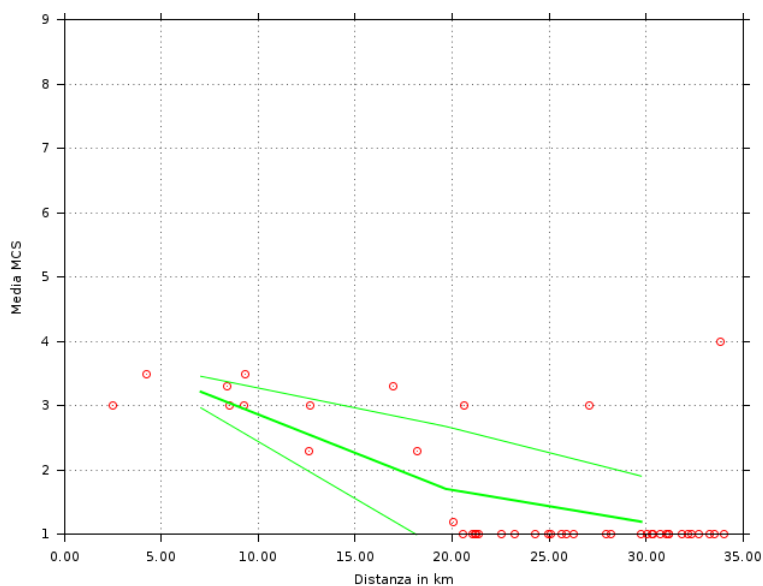


Figura 2: grafico di attenuazione delle intensità macrosismiche in scala Mercalli-Cancani

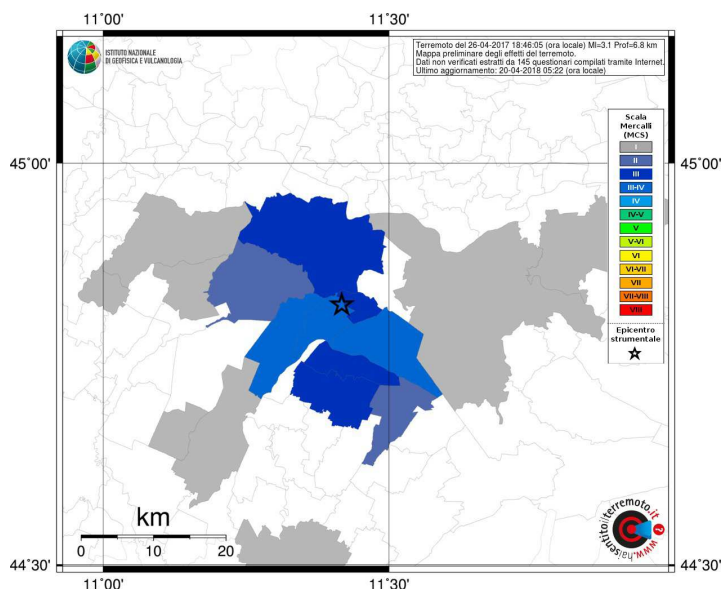
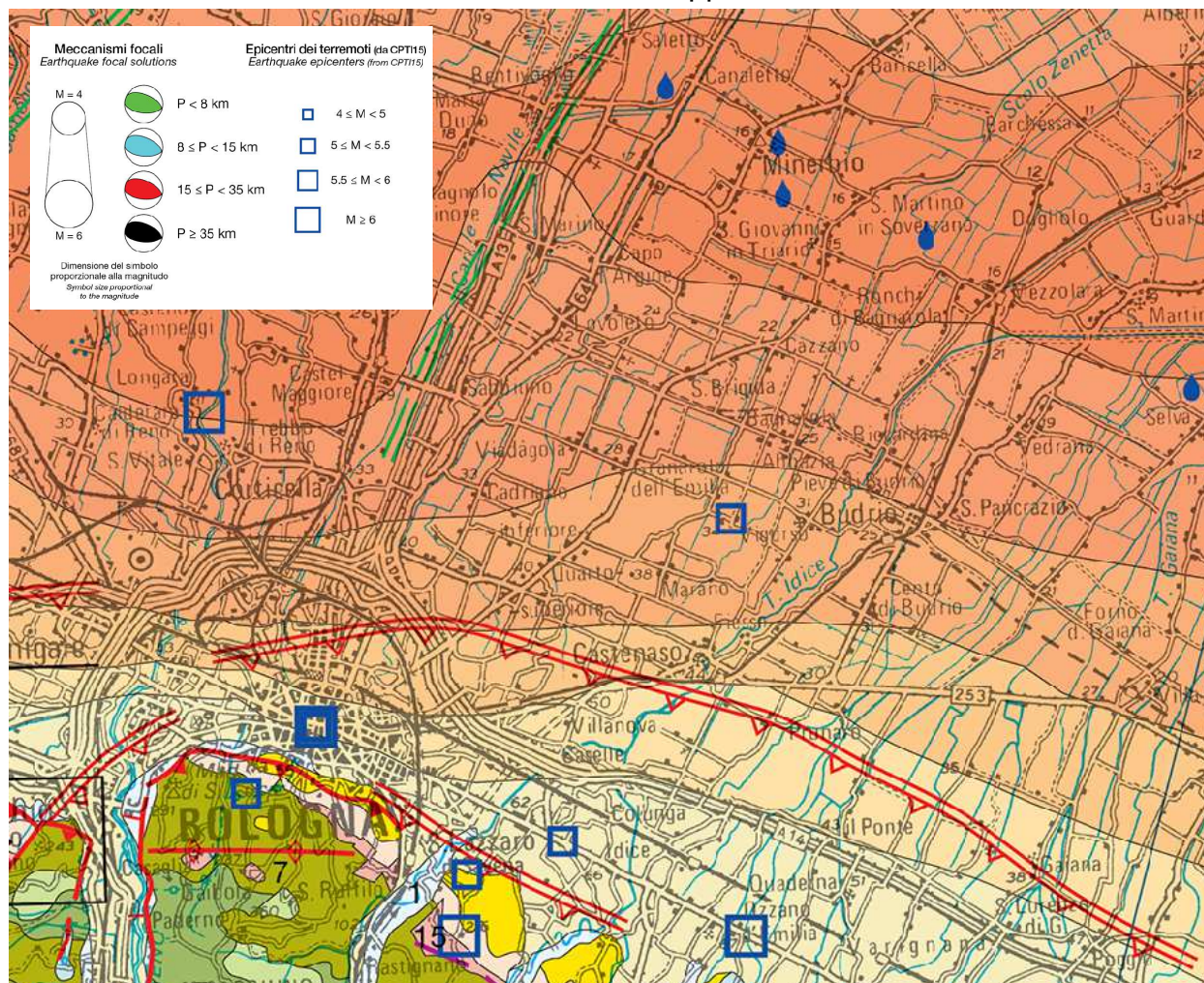


Figura 3: La mappa del risentimento sismico, che mostra la distribuzione degli effetti del terremoto sul territorio

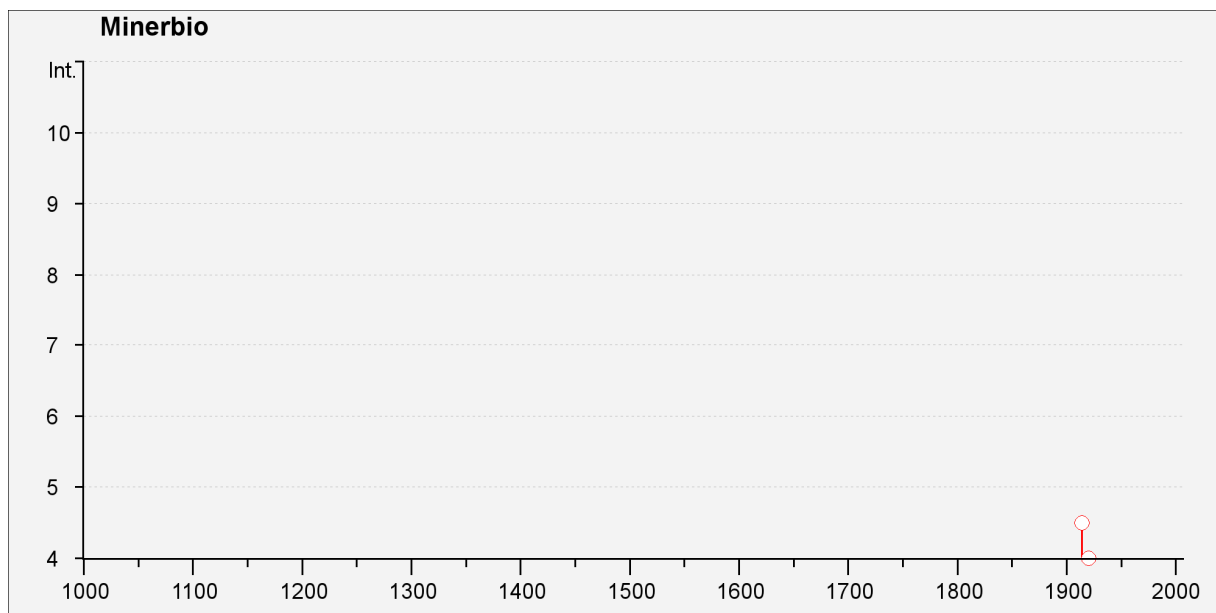
Per quanto riguarda i sismi che hanno interessato l'area in esame, o che hanno prodotto effetti significativi nella stessa, prima degli eventi del 2012, dall'esame della Carta Sismo-tettonica della Regione Emilia-Romagna, figura seguente, si può evidenziare, sulla base dei rilievi dei dati macrosismici, come gli epicentri dei principali terremoti, caratterizzati da valori massimi di magnitudo compresi tra 5.0 e 5.5, risultino essere distribuiti, prevalentemente, lungo il sistema di strutture tettoniche associate al Sovrascorrimento Frontale Pede-appenninico.



7.1 SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Risalendo alla legge 02-02 del 1974 la n. 64, secondo quello che era il DM del 03-06 del 1981, si evidenzia che in base all'Elenco dei Comuni ad alto rischio sismico (Legge 22-12-1997 n. 449, art. 12) allegato all'Ordinanza P.C.M.12.06.1998 il territorio comunale di Minerbio non era classificato.

La nuova normativa sismica, con l'entrata in vigore del O.P.C.M 3274 del 20 marzo 2003 ed in relazione alle emanazioni delle delibere della Giunta regionale 2329/2004 e 1677/2005, il territorio comunale diventa "zona sismica 3" e nello specifico alla zona 3 corrisponde un grado di sismicità $S = 6$ (basso grado). La storia sismica del comune di Minerbio viene ricavata dal link dell'INGV (DBMI11), dove si trovano le macrosismiche di terremoti italiani utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11.



Il diagramma sopra riportato mette in evidenza gli eventi censiti, la tabella che segue vengono elencati gli eventi di maggior intensità del sito.

Seismic history of Minerbio					
[44.621, 11.488]					
Total number of earthquakes: 14					
Effects	Earthquake occurred:				
Is	DATA	EPICENTRO	Np	Io	Mw
NF	1897 12 18 07:24:20	Appennino umbro-marchigiano	132	7	5.13 ±0.14
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
NF	1908 06 28 03:19:58	Finale Emilia	15	5	4.27 ±0.53
NF	1908 07 10 02:13	Carnia	120	7-8	5.38 ±0.13
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10
4-5	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
NF	1930 07 23 00:08:43	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
NF	1930 10 30 07:13:13	SENIGALLIA	263	8	5.81 ±0.09
3-4	1986 12 06 17:07:20	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
3-4	1987 05 02 20:43:53	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
NF	2000 05 06 22:07:04	Emilia Romagna	84	5	4.17 ±0.09
NF	2000 05 08 12:29:56	Emilia Romagna	126	5	4.66 ±0.09
NF	2000 05 10 16:52:12	Emilia Romagna	151	5-6	4.86 ±0.09

Dalla tabella si nota che il massimo evento sismico censito si è verificato il 23 luglio 1930. L'epicentro è indicato genericamente in Emilia Romagna. Il terremoto è stato caratterizzato da una magnitudo momento, calcolata sulle onde di superficie (Mw) pari a 6,62 con un'intensità epicentrale pari a 10. Nell'elenco di tabella non sono ancora stati riportati gli eventi più recenti.

2.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA

L'area del comune di Minerbio risulta essere a margine dalla zona sismogenetica 913 denominata "Appennino Emiliano Romagnolo". La figura sotto riportata (Zonazione sismogenetica ZS9) mostra il comportamento cinematico atteso delle strutture sismogenetiche nelle varie zone del territorio nazionale. La carta propone la suddivisione del territorio nazionale in fasce che presentano al loro interno requisiti di omogeneità in relazione alle caratteristiche geo-strutturali, cinematiche e sismiche.

L'area di studio pur essendo a confine con la zona sismogenetica 913 i valori di massima magnitudo attesa sono pari a $M_{wmax} = 6,14$. aumentando il dettaglio delle informazioni disponibili dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS 3.2.1 si arriva ad ottenere che l'area di studio si colloca a ridosso della fascia sismogenetica ITCS047 "Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme" a cui viene attribuita una magnitudo momento massima pari a $M_{wmax} = 5,60$. È stata individuata una faglia sismogenetica rappresentativa dell'area identificata ITIS091 "Casalecchio di Reno" con una magnitudo momento massima attribuita pari a $M_{wmax} = 5,50$. Si

ricorda in breve che una sorgente sismogenetica composta è una regione allungata, contenente un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche allineate che non possono essere individuate singolarmente. Pertanto il territorio sismicamente è stato interessato da eventi significativi di cui bisognerà tenere conto in fase progettuale.

La mappatura comunque non introduce grandi novità rispetto alle precedenti zonazioni.

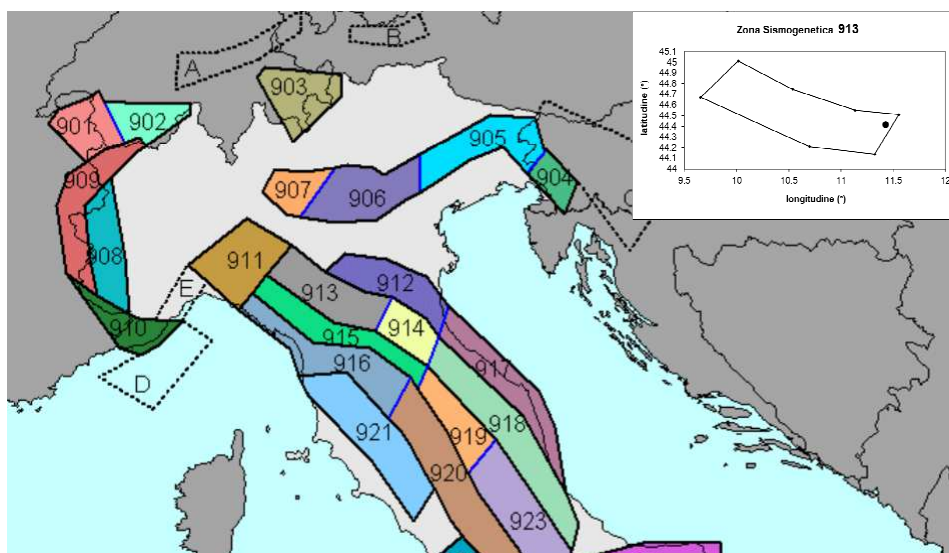


Figura 4: zonazione sismogenetica Z9

Di seguito si riporta la mappa delle faglie attive per quanto riguarda la bassa valle del Reno.

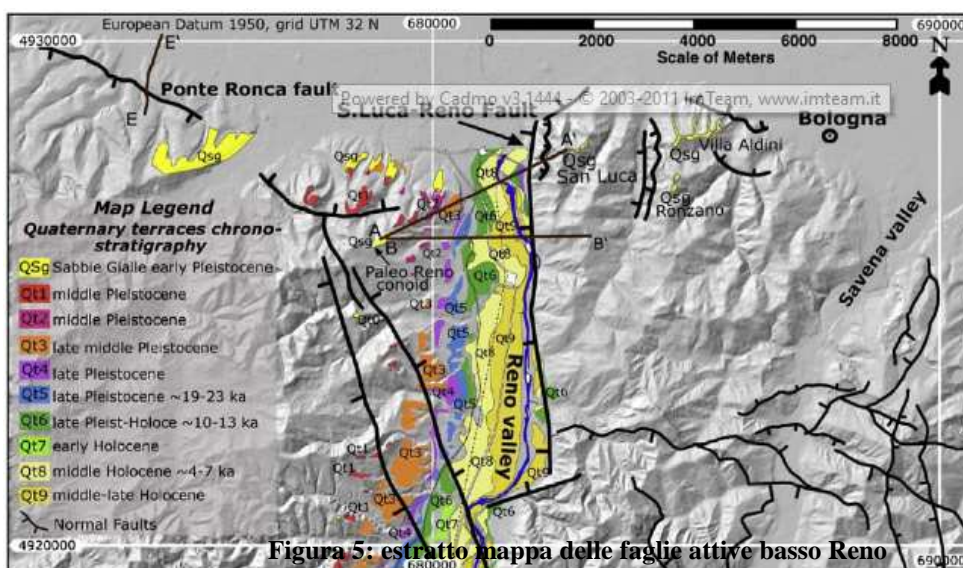


Figura 5: estratto mappa delle faglie attive basso Reno

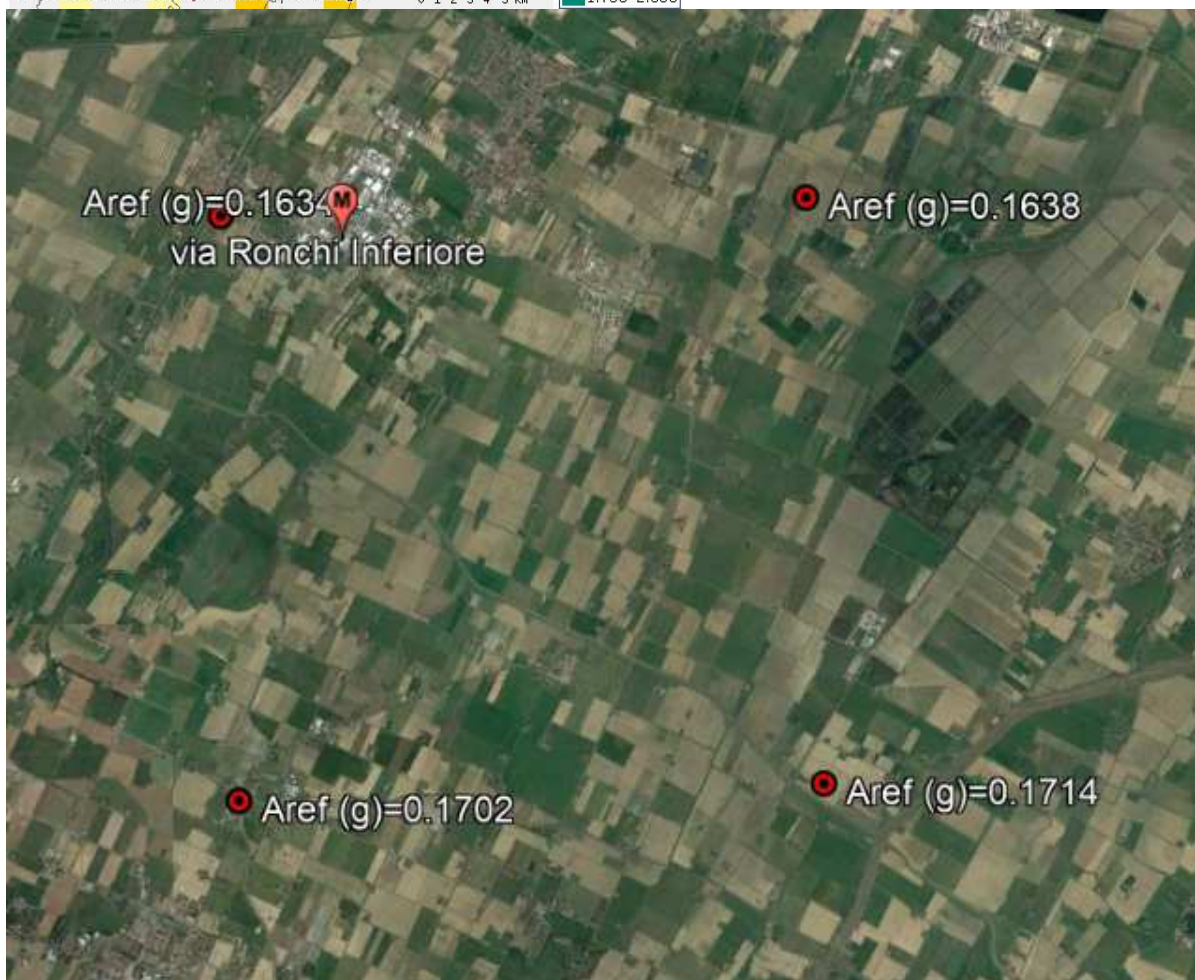
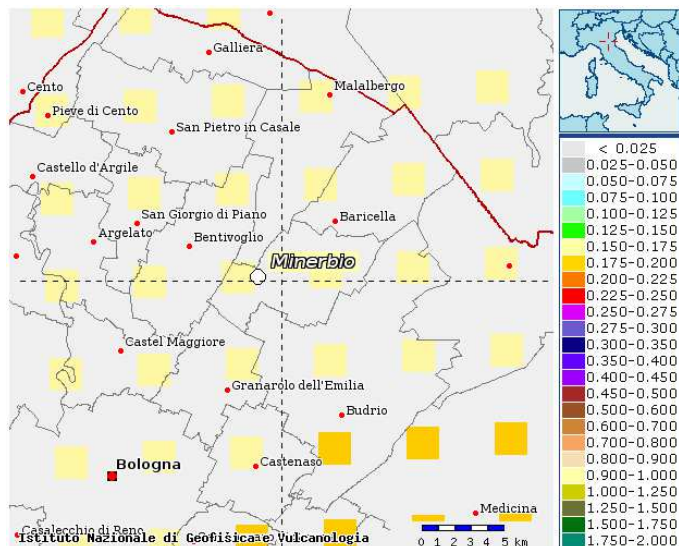
2.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata, genericamente, dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano.

Con l'approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (di seguito NTC08 e NTC2018), riferite ad un ambito più strettamente progettuale, è stato modificato l'impianto concettuale di attribuzione del grado di sismicità per i comuni. Infatti, se all'origine della classificazione sismica vi era la necessità di suddividere i comuni per attribuire loro una zona, ovvero per attribuirvi l'azione sismica associata a quella zona, con la nuova normativa l'azione sismica viene direttamente attribuita a partire dai dati di sito, sulla base delle relative coordinate. Pertanto la necessità normativa di attribuire ai comuni una zona sismica resta solamente in essere per procedure di tipo amministrativo (controlli sulla progettazione edilizia) e in parte per fini progettuali (limitazioni sull'uso di determinate tecnologie).

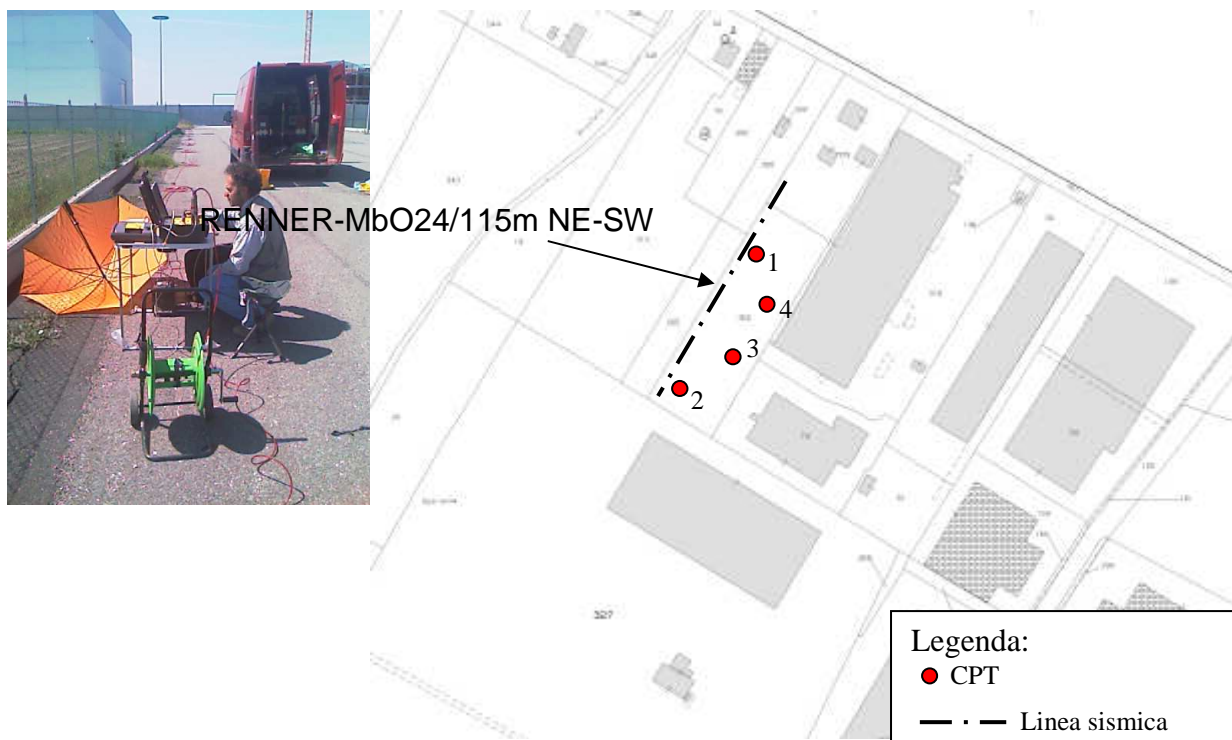
L'NTC18 prescrive, come già era presente nell'NTC08, come l'azione sismica sulle costruzioni sia valutata a partire dai dati di sito. In tal senso, sulla base della nuova zonazione sismogenetica "ZS9", più coerente con il quadro sismo-tettonico attualmente disponibile, e con le nuove conoscenze acquisite sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche, che hanno portato alla compilazione della "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" (come da figura sotto riportata), i valori di pericolosità sismica, espressi in termini di accelerazione massima a_g su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, sono stati calcolati su una griglia (reticolo di riferimento) costituita da oltre 16.000 nodi (nelle NTC i nodi sono poco più di 10.000 essendo state ridotte le aree in mare). L'esame della mappa probabilistica di pericolosità sismica del territorio comunale mette in luce valori di accelerazione massima al suolo, calcolati per probabilità di superamento in 50 anni del 10%, variabili tra 0.150 e 0.175. Le stime di pericolosità calcolate per i nodi sono poi state elaborate per la stesura delle NTC18, al fine di ottenere i parametri che determinano la forma dello spettro di risposta elastica, così come contenuti nell'Allegato A delle NTC18 stesse. Per qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali

parametri nei quattro nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame. Per il sito oggetto i nodi di riferimento sono quelli riportati nella figura satellitare sotto riportata.



3. ANALISI SISMICA SITO DIPENDENTE

Come già ampiamente descritto nella relazione geologica del 2017, per l'analisi sismica sito dipendente è stato realizzato uno stendimento sismico necessario all'acquisizione delle onde di taglio, nei primi trenta metri di spessore dei terreni in loco, con denominazione dello stendimento: RENNER-MbO24/115m NE-SW.



Come analizzato nella relazione del dicembre 2017, che riprende le analisi della relazione geologica del 2010, il valore medio per la classificazione nei primi trenta metri dei terreni, ottenuto dal lineamento RENNER-MbO24/115m NE-SW è di 210 m/sec, quindi con una classificazione dei terreni di fondazione di tipo **C**.

3.2 PARAMETRI SISMICI

Di seguito vengono riproposti i parametri sismici, riferiti ad una classe d'uso II, come comunicato allo scrivente dal progettista delle opere, riguardante opere il cui uso preveda una normale presenza di persone. Come già assunto in precedenza la

categoria di suolo, nei primi trenta metri di profondità è la C e come fattore topografico si adotta T1 trovandoci in zona di piana alluvionale:

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: opere di fondazione

Sito in esame.

latitudine: 44,456959

longitudine: 11,270272

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16951 Lat: 44,4637 Lon: 11,2493 Distanza: 1825,870

Sito 2 ID: 16952 Lat: 44,4650 Lon: 11,3193 Distanza: 3991,639

Sito 3 ID: 17174 Lat: 44,4150 Lon: 11,3211 Distanza: 6165,034

Sito 4 ID: 17173 Lat: 44,4137 Lon: 11,2512 Distanza: 5041,259

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,055 g

Fo: 2,485

Tc*: 0,257 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,068 g

Fo: 2,481

Tc*: 0,270 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,165 g
Fo: 2,406
Tc*: 0,303 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,208 g
Fo: 2,425
Tc*: 0,314 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**SLO:**

Ss: 1,500
Cc: 1,640
St: 1,000
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,808
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,620
St: 1,000
Kh: 0,020
Kv: 0,010
Amax: 1,004
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,460
Cc: 1,560
St: 1,000
Kh: 0,058
Kv: 0,029
Amax: 2,364
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,400
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,082
Kv: 0,041
Amax: 2,856
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Coordinate WGS84

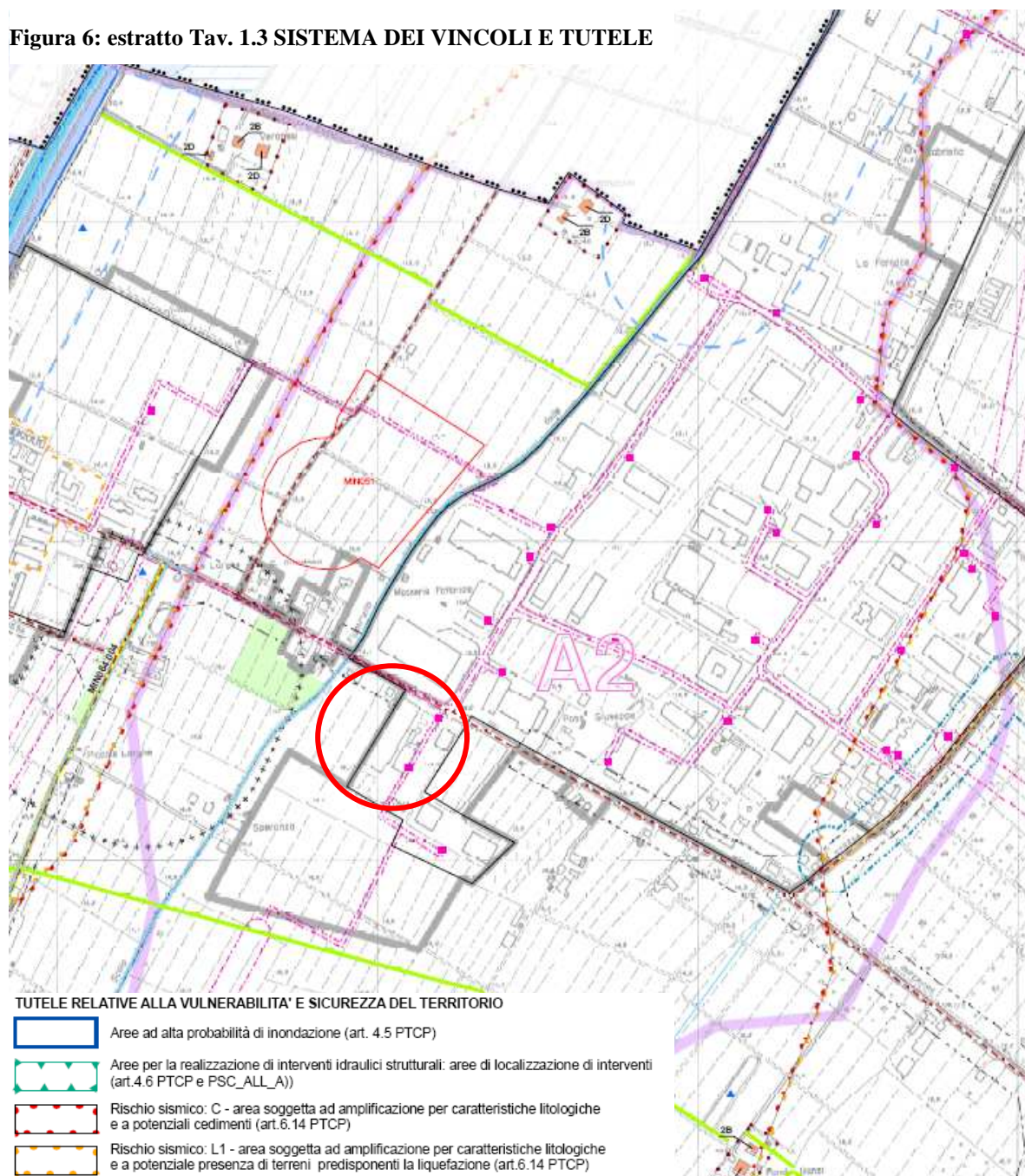
latitudine: 44.456018

longitudine: 11.269278

4. ANALISI SISMICA

Dalla cartografia disponibile sul sito tematico del Comune di Minerbio, l'area oggetto di studio rientra in uno studio di secondo livello e racchiusa in un'area con rischio sismico C (art. 6.14 del PTCP), stralcio della quale viene riportato di seguito.

Figura 6: estratto Tav. 1.3 SISTEMA DEI VINCOLI E TUTELE



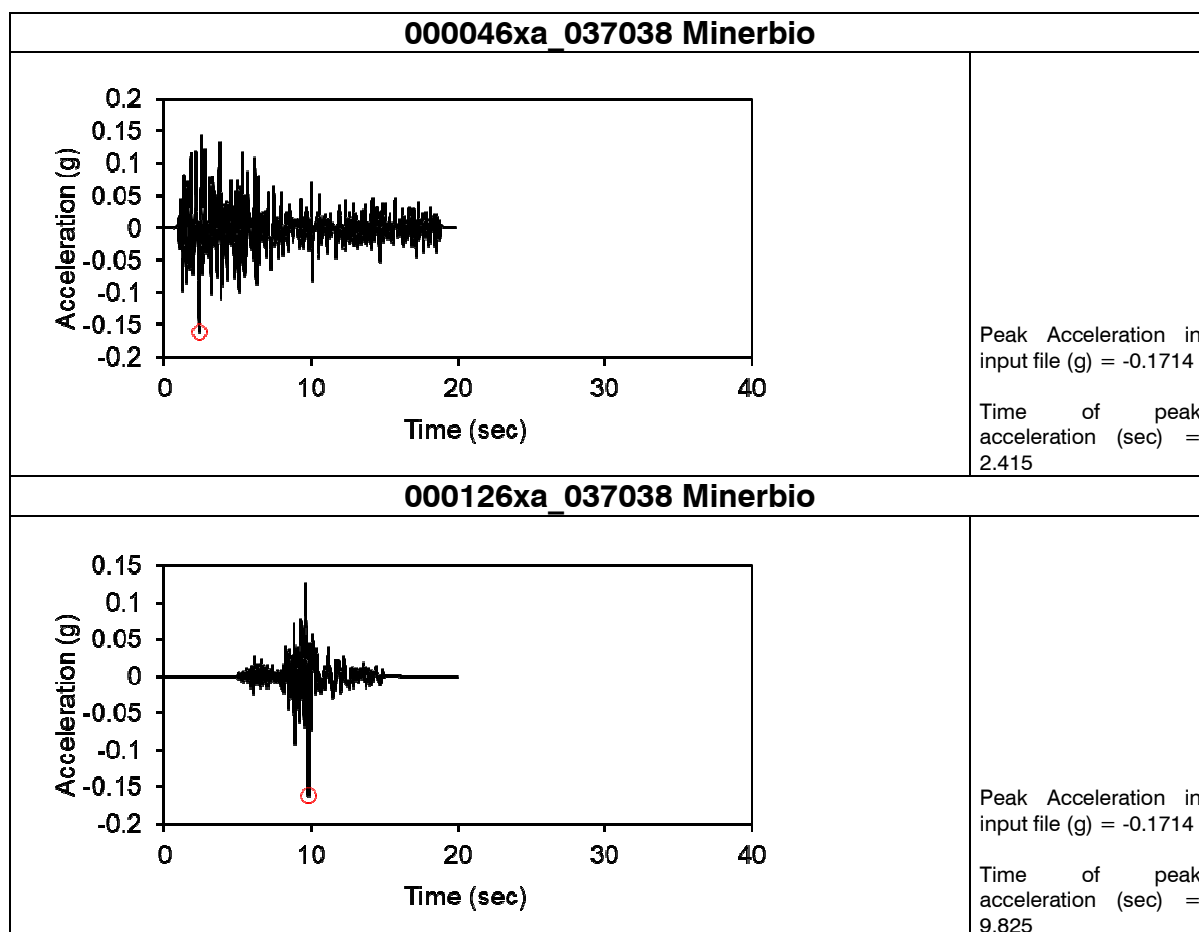
Qui di seguito quindi verrà completato lo studio di risposta sismica locale al fine di determinare i coefficienti di amplificazione sismica rispetto a un suolo di riferimento, in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0).

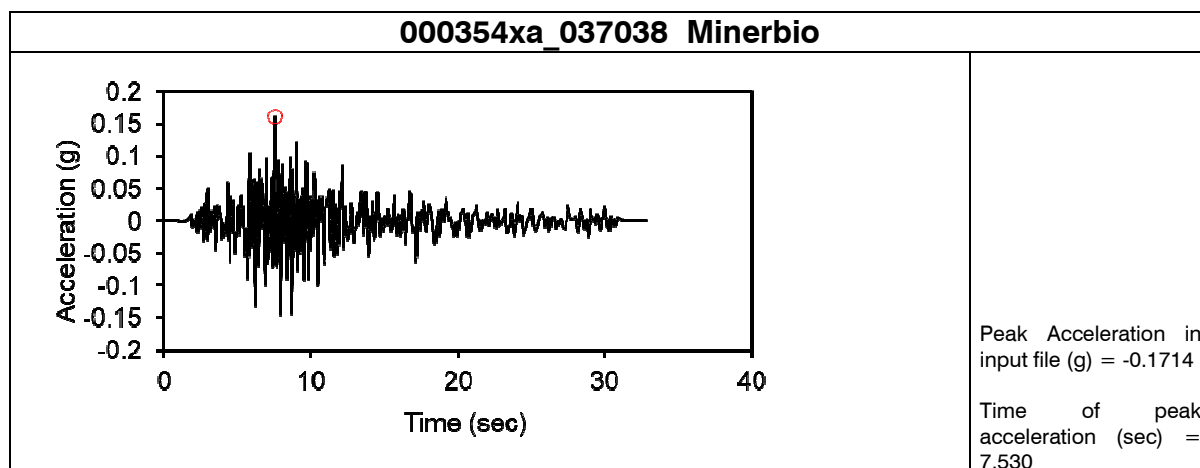
4.1 ANALISI II LIVELLO

Il substrato sismico viene definito come lo strato sismico in cui le V_s raggiungono una velocità maggiore o uguale a 800 m/s.

Nel caso in esame la profondità del substrato sismico è stata ricavata per interpolazione con l'analisi delle V_{s30} effettuata in campo con metodologia REMI, ottenendo così come risultato, una profondità stimata di circa 200.0m.

Per la seguente analisi sono stati utilizzati i tre segnali riferiti al Comune di Minerbio, forniti dalla Regione Emilia-Romagna reperibili nel proprio sito, e di seguito riportati:



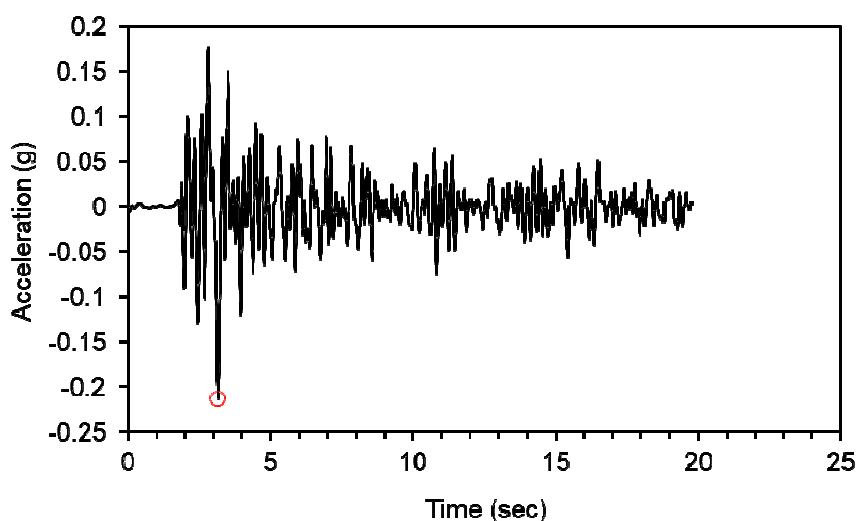


4.2 PROCEDURA DI CALCOLO

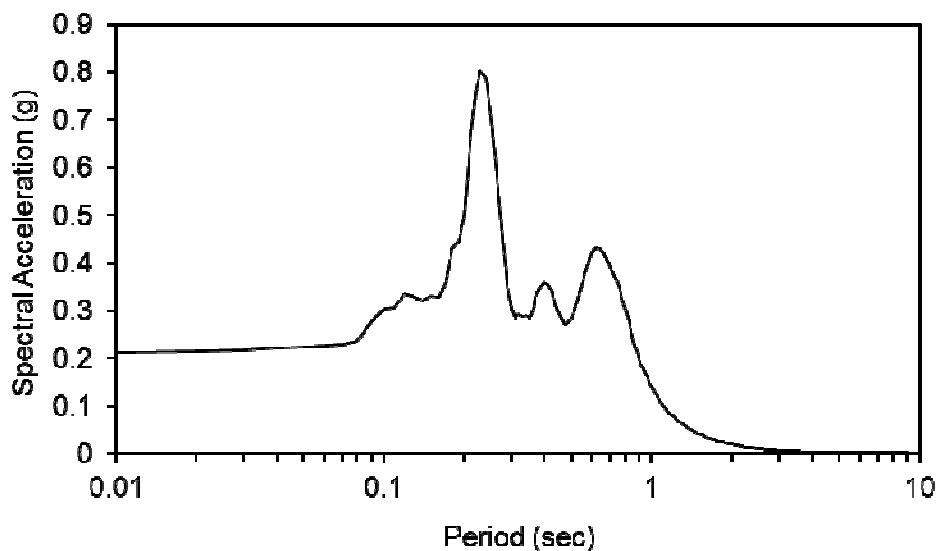
Nella procedura di calcolo si è fatto uso del codice di calcolo EERA (*Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposit*) utilizzando come segnale di input gli accelerogrammi precedenti. Sulla base della caratterizzazione sismica ottenuta dall'acquisizione REMI, sono stati discretizzati cinque sismostrati più il bedrock, estrapolato dal profilo di V_s fino a raggiungimento, in profondità, del valore di $V_s=800\text{m/sec}$ mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva ottenuto dalle analisi simiche sopra citate.

4.2.1 ACCELEROGRAMMA 000046XA_037038 MINERBIO

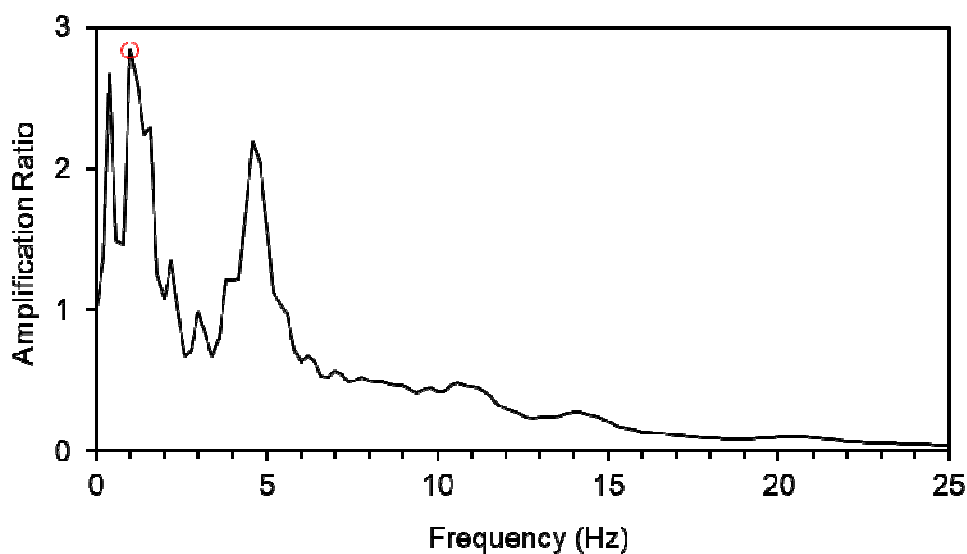
L'accelerogramma ottenuto dall'elaborazione dei dati presenta come massima accelerazione alla base della fondazione (PGA) pari a 0.213g in corrispondenza di 3.15 sec .



Lo spettro in accelerazione con smorzamento $\zeta = 5\%$ risulta essere:

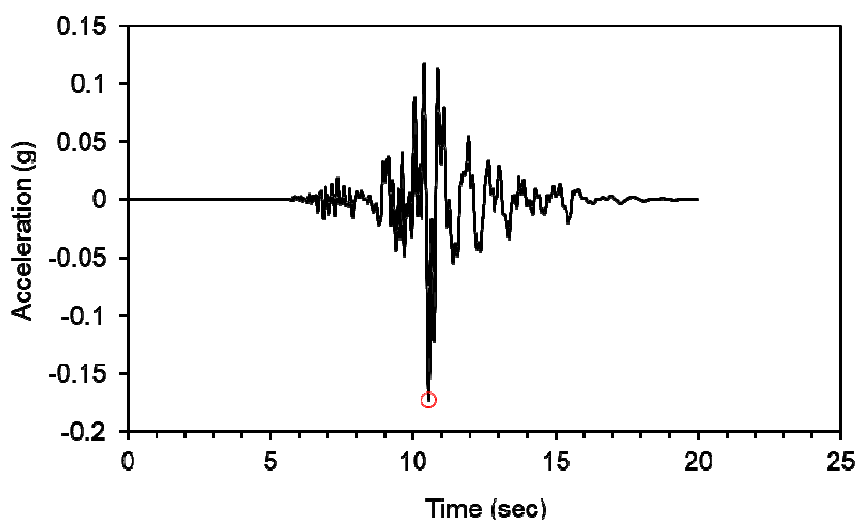


La funzione di trasferimento, intesa come il rapporto tra lo spettro dell'accelerogramma in superficie e lo spettro dell'accelerogramma al bedrock, rappresenta il valore di amplificazione del moto del suolo alle varie frequenze e viene di seguito mostrato:

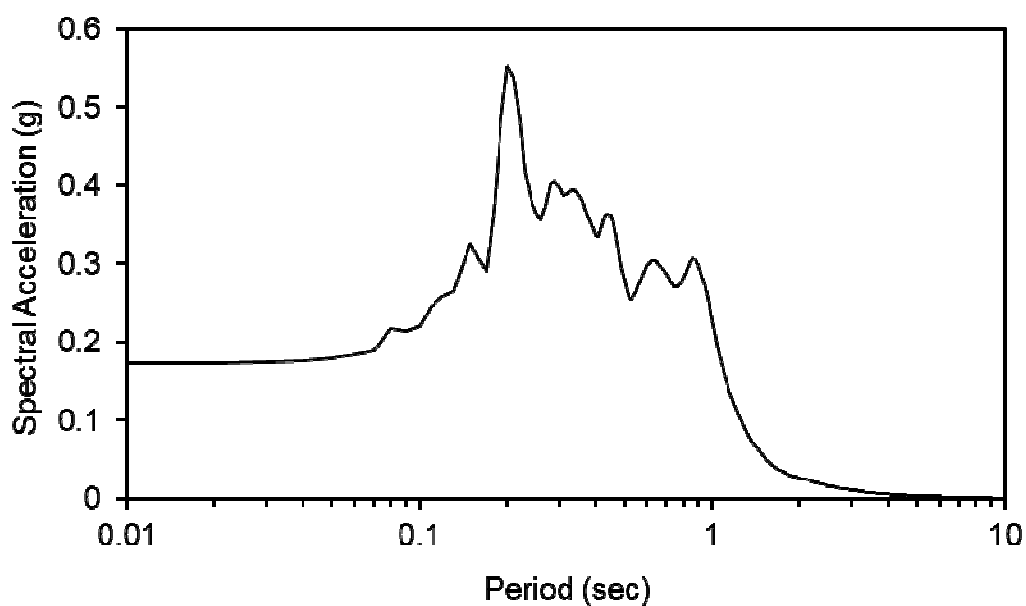


4.2.2 ACCELEROGRAMMA 000126XA_037038 MINERBIO

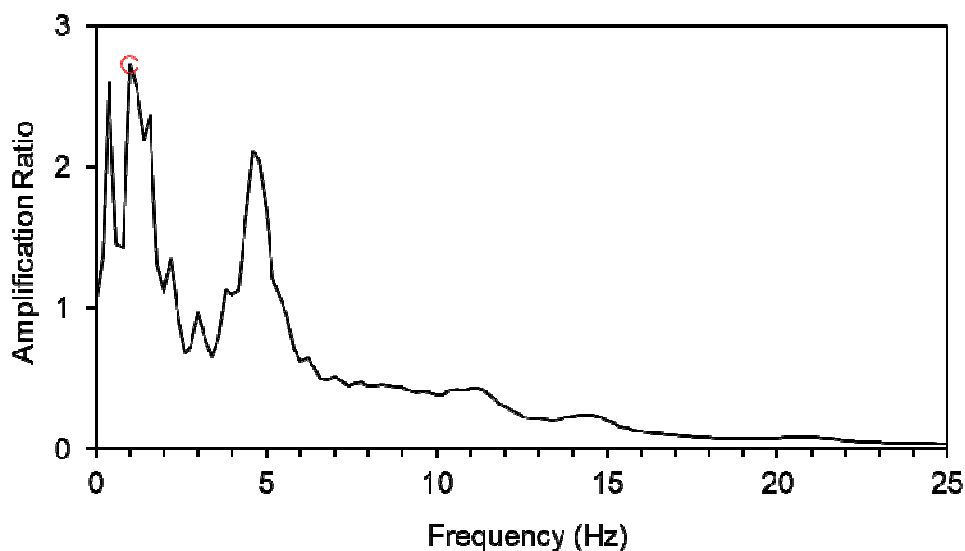
L'accelerogramma ottenuto dall'elaborazione dei dati presenta come massima accelerazione alla base della fondazione (PGA) pari a 0.173g in corrispondenza di 10.55 sec.



Lo spettro in accelerazione con smorzamento $\zeta = 5\%$ risulta essere:

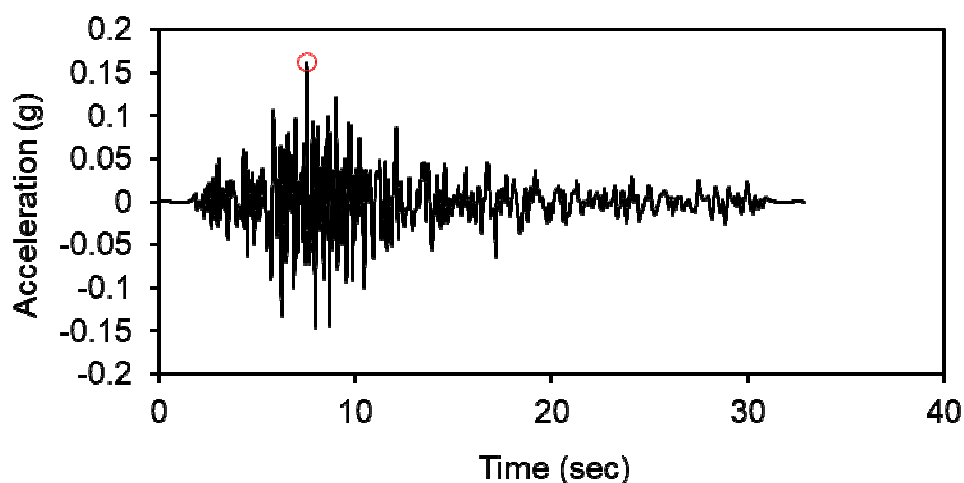


La funzione di trasferimento alle varie frequenze e viene di seguito mostrato:

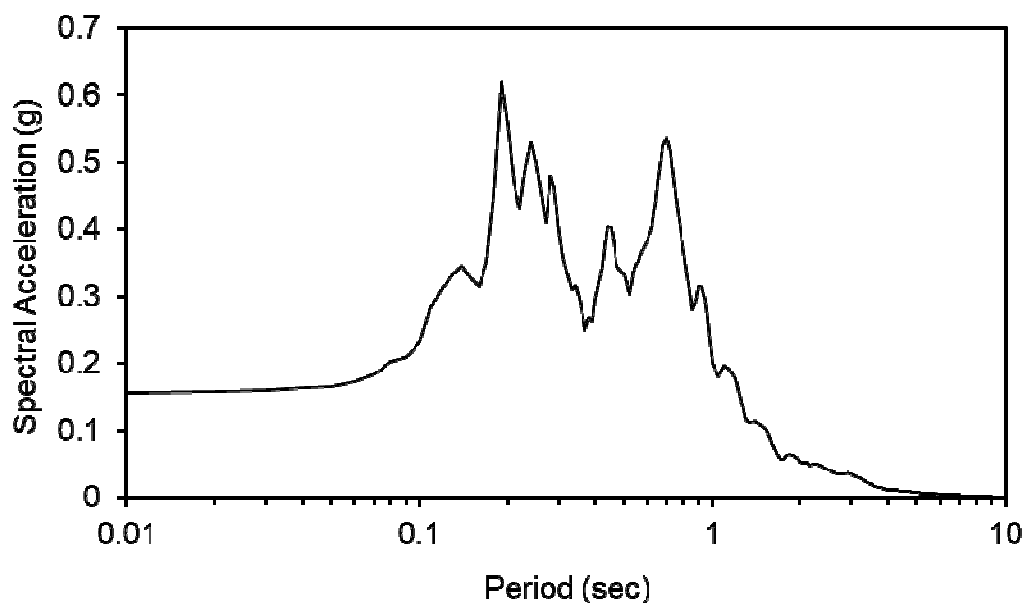


4.2.3 ACCELEROGRAMMA 000354XA_037038 MINERBIO

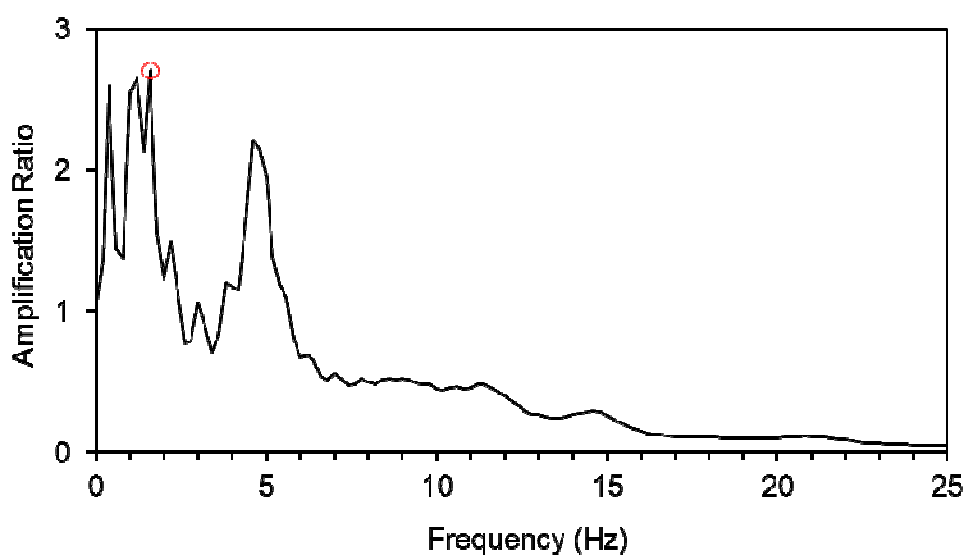
L'accelerogramma ottenuto dall'elaborazione dei dati presenta come massima accelerazione alla base della fondazione (PGA) pari a 0.162g in corrispondenza di 7.53 sec.



Lo spettro in accelerazione con smorzamento $\zeta = 5\%$ risulta essere:

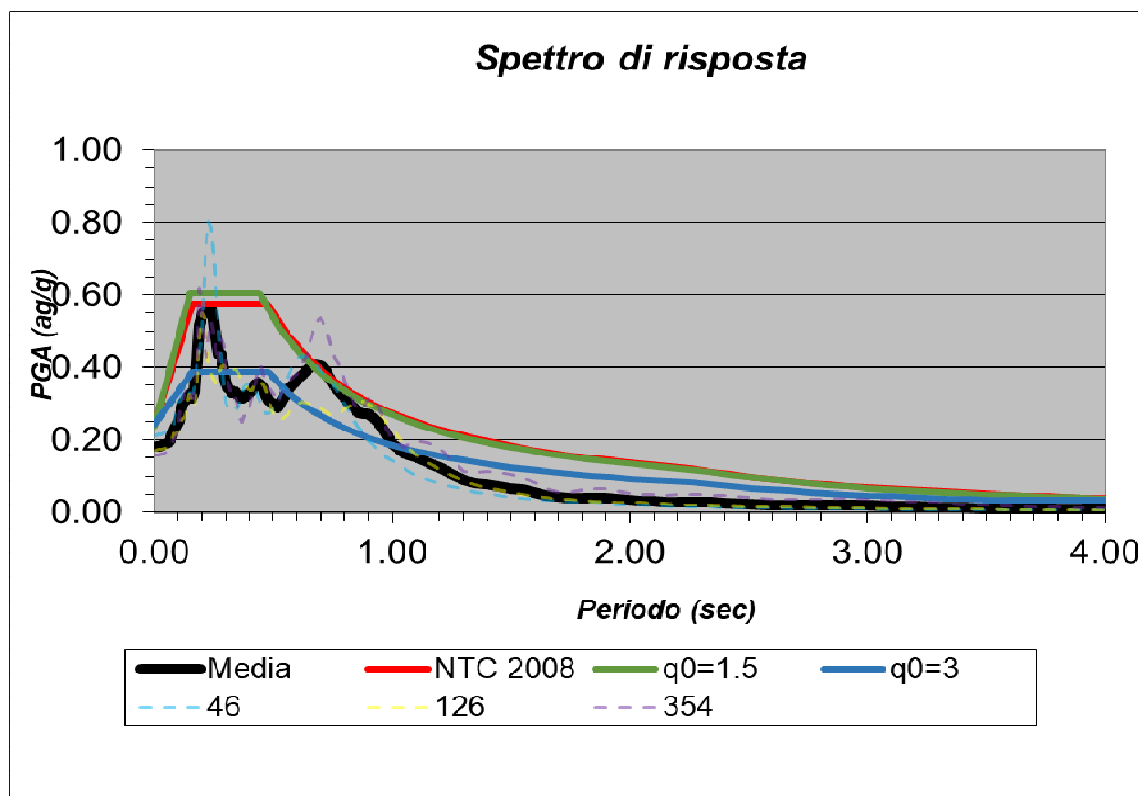


La funzione di trasferimento alle varie frequenze e viene di seguito mostrato:



4.3 SPETTRI DI RISPOSTA

Dall'elaborazione degli accelerogrammi riportati nei paragrafi precedenti, si ottiene il grafico seguente agli SLV:



Dal grafico riportato sopra si notano i tre spettri ottenuti dagli accelerogrammi e la curva nera continua che rappresenta la media dei valori dei tre spettri precedenti. In particolare si nota che i valori di accelerazione spettrale, medi, sono inferiori ai valori dello spettro di risposta ottenuto dall'elaborazione eseguita con i metodi semplificati, considerando una categoria di sottosuolo C (curva rossa).

Nella tabella di seguito riportata vengono forniti i valori del Fattore di Amplificazione (F.A.) ricavati dall'analisi numerica eseguita sui tre accelerogrammi prelevati dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna.

	PGA	PGA0	F.A.=PGA/PGA0
Media: 046-126-354 Minerbio	0,213	0,1714	1,24

Di seguito vengono riportati, in tabella, i fattori di amplificazione ottenuti dal rapporto tra la SI calcolata e la SI_0 , che risulta essere il rapporto di intensità di Housner.

INTENSITA' DI HOUSNER					
(tra 0,10 e 0,50 sec)			(tra 0,50 e 1,00 sec)		
SI_0	[cm]	6.13	SI_0	[cm]	8.23
SI	[cm]	7.88	SI	[cm]	18.16
SI/SI_0	[cm]	1.29	SI/SI_0	[cm]	2.21

Bologna, giugno 2018

In fede:

(Dott. Geol. Raffaele Sandrelli)