

**COMUNE DI RUSSI
PROVINCIA DI RAVENNA**

**PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA
ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)**

Committente

DMO S.P.A.

ELABORATO 6 ai sensi della D.G.R. 1373/2011

Relazione Geologica sulle indagini, Caratterizzazione e Modellazione Geologica del sito (punto 6.1)

rev. 0

Oggetto Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (punto 6.2)

Relazione sulla Modellazione Sismica concernente la "Pericolosità Sismica di base" del sito di costruzione (punto 6.3)

del 07/06/2023

Tecnico

Proprietà

Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi
Via Mameli, 13
48011 – Alfonsine (RA)
cell. 340 2756654
email: sarabedeschi.geologo@gmail.com
pec: sara.bedeschi@pec.epap.it

DMO S.p.A.
Via Pietro Renzi 2
48026 Russi (RA)

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

SOMMARIO

1. OGGETTO.....	1
1.1 AREA IN ESAME	1
1.2 SCOPO DELLA PRESENTE DOCUMENTAZIONE.....	2
1.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO.....	3
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	4
3. VINCOLISTICA.....	5
4. RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	9
4.1 ASSETTO GEOLOGICO GENERALE	9
4.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN ESAME	10
4.3 ASSETTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO LOCALE	11
4.4 LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME E PRIME CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA.....	12
5. RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO E COME BUONA NORMA PROGETTUALE.....	15
5.1 CARATTERIZZAZIONE FISICA DEI TERRENI	15
5.2 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI.....	15
5.2.1 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE ED ALTRE CONSIDERAZIONI LOCALI RELATIVE AI TERRENI DELL'AREA IN ESAME.....	15
5.2.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	16
6. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" DEL SITO DI COSTRUZIONE.....	20
6.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA TROMOGRAFICA E HVSR E SCOPO DELL'INDAGINE	20
6.2 RISULTATI DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA	22
6.3 ULTERIORI ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE.....	22
6.4 STORIA SISMICA LOCALE	24
6.5 DISAGGREGAZIONE STATISTICO- PROBABILISTICA DEI DATI SISMICI.....	29
6.6 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI SATURI GRANULARI LOCALMENTE RILEVATI	31

ALLEGATO 1 - UBICAZIONE PROVE E RESTITUZIONE GRAFICA

ALLEGATO 2 - INDAGINE TROMOGRAFICA

D.M.O. S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

1. OGGETTO

Procedimento Unico per ampliamento azienda ai sensi dell'art. 53 della L.R. 24/2017 in Via Pietro Renzi in Comune di Russi (RA).

Proprietà: DMO S.p.A.

1.1 AREA IN ESAME

L'area in esame è ubicata a Nord-Est del centro abitato di Russi da cui dista circa 1,9 km.

L'area è pianeggiante, a circa 10,00 m s.l.m.

La base cartografica di riferimento è la C.T.R. 5.000 – Foglio 240010 e le immagini orto-fotografiche tratte da Google Earth ©, di seguito riportate.



Figura 1 - Ubicazione dell'area su base CTR in scala libera.

D.M.O. S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

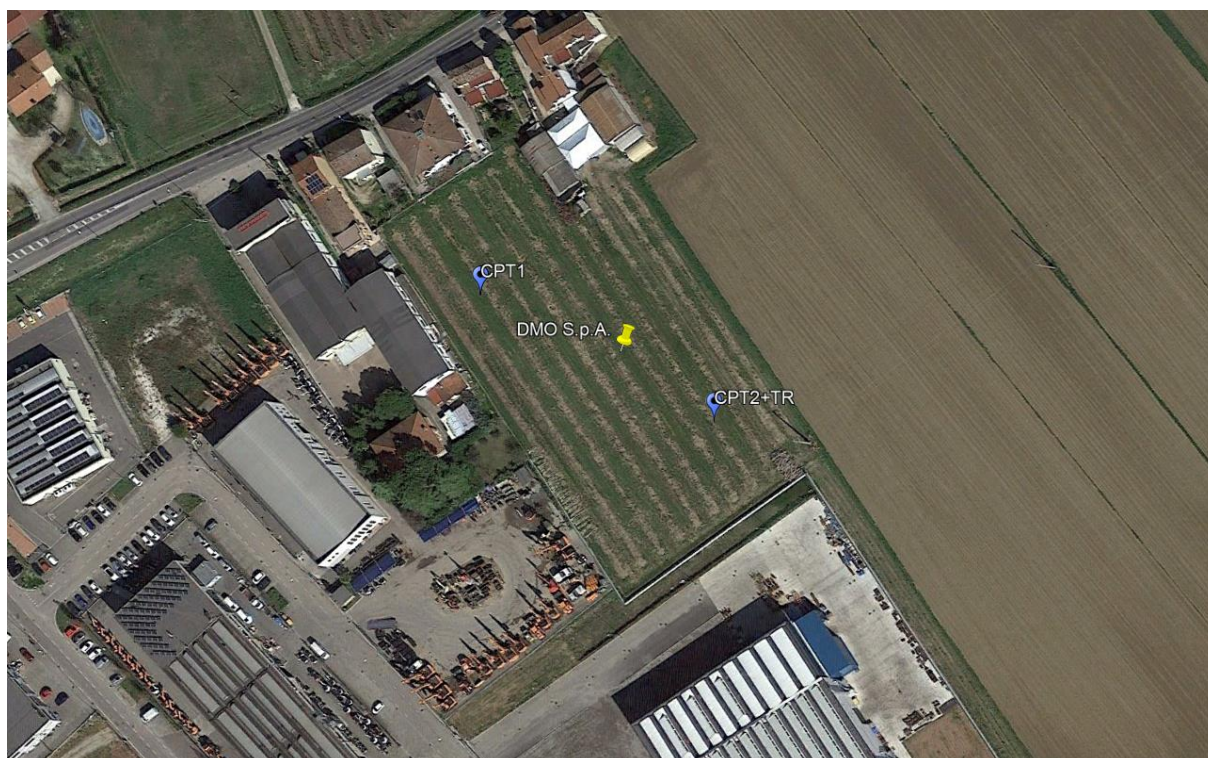


Figura 2 - Ubicazione dell'area e dei punti di indagine su ortofoto Google Earth © in scala libera.

1.2 SCOPO DELLA PRESENTE DOCUMENTAZIONE

La presente relazione di Modellazione Geologica e sismica è basata su di una campagna di indagini atta ad acquisire le necessarie conoscenze geologiche, litostratigrafiche, geotecniche e di caratterizzazione sismica dell'area in esame (anche sulla base di riscontri su dati relativi ad aree prossime ed assimilabili quella in esame, conoscenze in possesso di bibliografia). Le indagini, in accordo con la Committenza saranno utilizzate anche nella successiva fase di Modellazione. La presente modellazione è stata condotta nello spirito delle NTC vigenti e dell'O.P.C.M. 3274/2003 e seguenti.

La definizione di un modellazione geotecnica di riferimento per la progettazione delle strutture da realizzarsi e la definizione della congruenza fra le strutture stesse e le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame, sulla base di quanto riportato dalle NTC vigenti, è materia di concorrente competenza del professionista Geologo e dello strutturista. Si ritiene che la concorrenzialità non debba essere intesa in termini di contrapposizione di competenze ma debba essere bensì intesa come comune opera di esatta e corretta definizione della tematica geotecnico/strutturale del tema proposto, nel rispetto delle professionalità e delle conoscenze specifiche delle competenze professionali dei vari soggetti coinvolti nella progettazione. Scopo finale delle relazione di modellazione geotecnica è la definizione di un Modello Geotecnico di riferimento all'edificazione dell'intervento in oggetto, come richiesto dal punto 6.2. delle NTC vigenti.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

1.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

Si è eseguita, in accordo con il progettista strutturale, una indagine stratigrafica, sismica e geotecnica locale che è consistita nell'esecuzione di:

- n.2 prove CPT (CPT1 e CPT2)
- n.1 indagine sismica di tipo tromografico (TR).

Per l'espletamento delle prove sono stati utilizzati:

- CPT1 e CPT2: penetrometro statico tipo Pagani a doppio effetto atta al rilievo dell'attrito laterale di proprietà del Dott. Geol. Saverio Tabanelli.
- Indagine tromografica TR1: tromografo TROMINO ® e l'apposito software GRILLA ® di costruzione Micromed di proprietà del Dott. Geol. Saverio Tabanelli.

Ci si è ulteriormente basati su alcune indagini stratigrafiche e penetrometriche di bibliografia anche semplicemente come raffronto a quanto puntualmente rilevato.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Per l'esecuzione dell'incarico si è fatto riferimento alle seguenti leggi nazionali e regionali:

- D.M. 11/03/1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ed i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" in particolare per quanto attiene alla sezione H:
 - ✓ L. 02/02/1974 n.64 "*Provvedimenti per le costruzioni con particolare riferimento alle prescrizioni per le zone sismiche*"(art.13);
 - ✓ D.M. 16/01/1996 "*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*" in particolare al punto C.6.1.1.: Azioni orizzontali - coefficiente di fondazione "ε"
- O.P.C.M. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e s.m.i. e decreti attuativi;
- L.R. 30/10/2008 n.19 "*Norme per la riduzione del rischio sismico*" e s.m.i. e circolari illustrative;
- D.G.R. 1373/2011 "Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art. 12, comma 1, e dell'art. 4, comma 1, della L.R. n. 19 del 2008.
- D.M.17/01/18 "*Norme tecniche per le costruzioni*"
- D.G.R. 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)" e smi;

Si è fatto altresì riferimento a varia e numerosa bibliografia tecnica.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

3. VINCOLISTICA

Sono stati analizzati sia gli strumenti di pianificazione sovraordinati che quelli comunali.

Dall'analisi della Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Romagnoli, ed in particolare dalla Tavola 2400, che rappresenta l'adeguamento della "Direttiva idraulica" con gli aggiornamenti introdotti fino alla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR 2112/2016), si evince che l'area ricade in zona di potenziale allagamento (art.6) con tirante idrico fino a 50 cm e all'interno della fascia di rispetto dai corpi arginali (art.10).

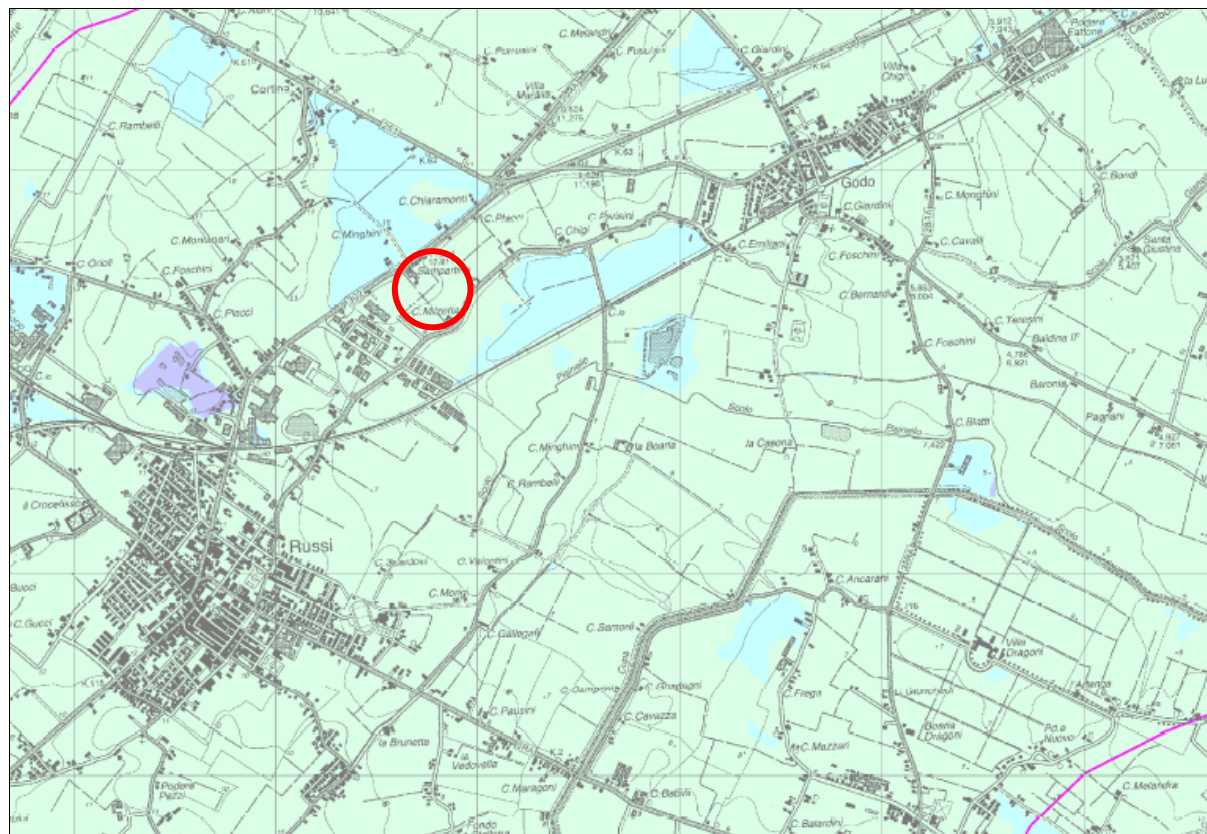


Figura 3 – Estratto della Tav.2400 del PSAI Bacini Romagnoli.

In particolare, l'Allegato 6 della Direttiva descrive appunto i tiranti idrici di riferimento e accorgimenti tecnico-costruttivi (art. 6 comma 4 del PSAI).

Con riferimento alle aree potenzialmente interessate da fenomeni alluvionali, individuate nelle tavole della Perimetrazione aree a rischio idrogeologico relative al territorio di pianura del bacino idrografico del presente piano, per il territorio a valle della via Emilia la suddetta definizione si basa sull'analisi del modello digitale del terreno e tiene conto delle considerazioni di tipo morfologico ed idraulico riportate in Allegato 6.

In presenza di specifici approfondimenti conoscitivi di carattere morfologico/topografico il tirante idrico di riferimento sarà calcolato in base ai dati disponibili. È utile ricordare che il tirante idrico di riferimento è da assumere come il livello dell'acqua misurato dall'intersezione fra piano di campagna e pareti perimetrali degli edifici, ed è quindi a priori variabile lungo il perimetro degli edifici in relazione alla morfo-

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

logia locale del terreno. È pertanto da assumersi, in ogni caso, come tirante idrico di riferimento quello più cautelativo sul sito di ciascun intervento.

Nel caso di interventi all'interno di lotti circondati da strade in rilevato, il tirante idrico di riferimento è da valutarsi rispetto al piano stradale, ad eccezione dei casi in cui le strade siano state realizzate in tempi recenti (orientativamente, successivamente alla stesura della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 dell'Emilia Romagna) e conseguentemente non considerate nella realizzazione della carta dei tiranti idrici di riferimento. Tali casi particolari dovranno essere valutati ad hoc dal responsabile del procedimento autorizzativo di volta in volta in essere a partire dalle informazioni disponibili.

In relazione al tirante idrico di riferimento, ferma restando la competenza dei Comuni a fornire le indicazioni specifiche nell'ambito dei propri regolamenti edilizi ed urbanistici, per aree con tiranti idrici attesi non superiori a 0,5 m, occorre garantire che non vi siano aperture dei vani utilizzati al di sotto del tirante idrico di riferimento. Pertanto occorrerà evitare aperture degli scantinati, scannafossi, rampe di rimesse interrato sprovviste di protezioni idonee, e ogni altra situazione in cui possa verificarsi ingresso d'acqua in locali abitabili o comunque frequentabili dalle persone.

L'art. 10 indica che i Comuni in sede di revisione dei propri strumenti urbanistici, devono localizzare le previsioni insediative ad una distanza minima dal piede esterno delle arginature dei corsi d'acqua principali di pianura, come definiti nell'art. 2 delle NTA del PSAI, tale per cui risultino esterni alla zona di rischio per effetto dinamico del crollo arginale, definita dall'allegato 7 alla "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s.m.i.; eventuali deroghe, subordinate alla verifica delle arginature secondo modalità da concordare di concerto fra il Comune e l'Autorità idraulica competente, potranno essere concesse in sede di approvazione del Piano Strutturale Comunale ai sensi dell'art. 32 della L.R. 20 del 24 marzo 2000. Per una distanza dal piede esterno degli argini dei corsi d'acqua principali di pianura, come definiti nell'art. 2, pari a metri 30, è comunque vietata ogni nuova costruzione. In tale fascia di rispetto sono consentiti unicamente gli interventi di cui al 2° comma dell'art. 3 delle NTA del PSAI.

Dall'analisi del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Ravenna, che dà piena attuazione al Piano Territoriale Paesistico Regionale, l'area si trova all'interno dell'UdP n. 10 – Terre Vecchie.

In particolare, la Tav.2_12 – Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali, indica che l'area in oggetto ricade in zona di "Paleodosso di modesta rilevanza" normato dall'art. 3.20c delle NTA del PTCP.

L'art. 3.20 indica che la cartografica dei dossi di categoria c) costituisce documentazione analitica di riferimento per i Comuni che, in sede di adeguamento dello strumento urbanistico generale alle disposizioni di cui al presente Piano, dovranno verificarne la diversa rilevanza percettiva e/o storico-testimoniale attraverso adeguate analisi, al fine di stabilire su quali di tali elementi valgano le tutele di cui ai commi successivi.

Se ritenuti dai comuni meritevoli di tutela, le nuove previsioni urbanistiche comunali dovranno avere particolare attenzione ad orientare l'eventuale nuova edificazione in modo da preservare:

- da ulteriori significative impermeabilizzazioni del suolo, i tratti esterni al tessuto edificato esistente;

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

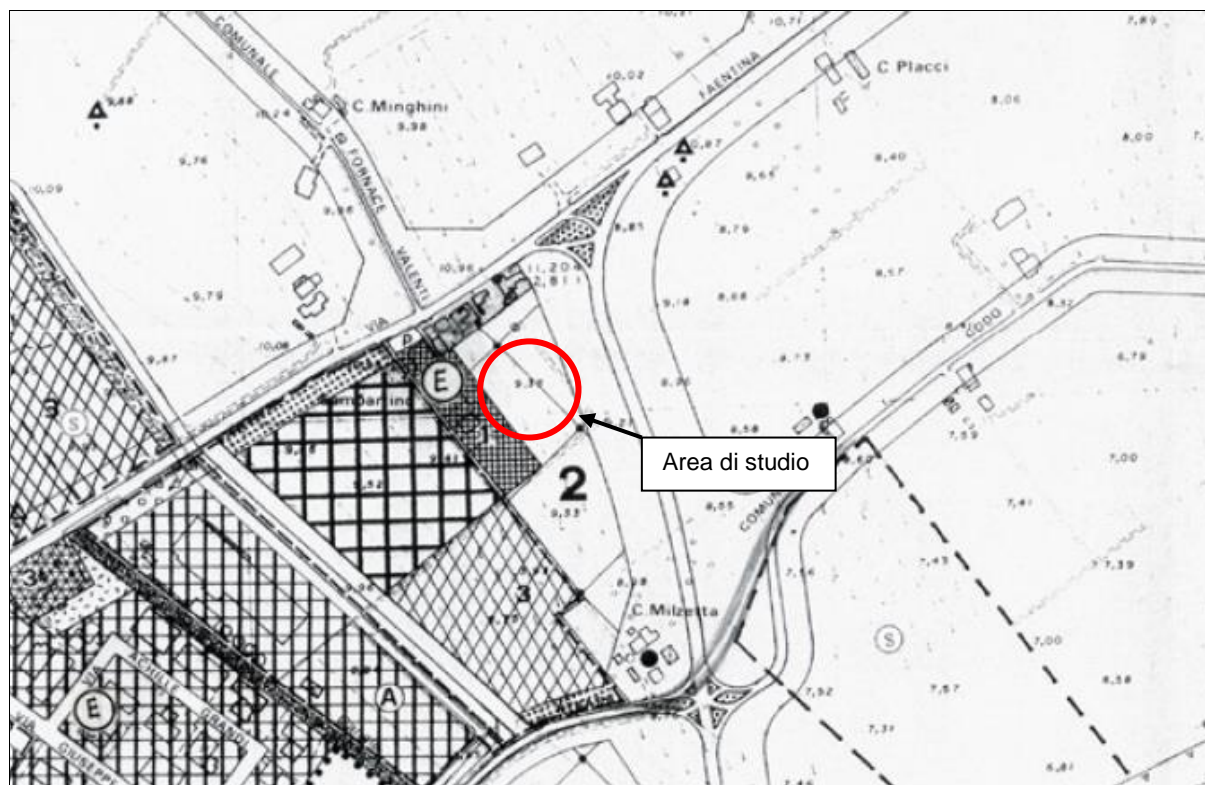


Figura 5 – Estratto della Variante al PRG'95 in scala libera.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

4. RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

4.1 ASSETTO GEOLOGICO GENERALE

L'assetto geologico complessivo dell'area in esame è legato all'evoluzione del grande bacino subsidente padano di riempimento detritico ed all'evoluzione tettonica compressiva e convergente fra il dominio Sud- alpino ed il dominio appenninico. Ciò ha comportato la formazione di un complesso sistema di pieghe e faglie, orientate da NNO a SSE, ovvero da ONO a ESE o ancora Nord-Sud. Per la bassa Provincia di Ravenna e quindi anche per il territorio del Comune di Russi, nonché ovviamente per l'area in esame la situazione può essere descritta in maniera molto semplificata con la presenza di un notevole "pacco" di deposizioni alluvionali sciolte e/o fini, d'età Pleistocenica (dal Pleistocene Medio-Olocene: 0,45 Milioni di anni-presente, al Pliocene Medio-Superiore: 4,1- 1,8 Milioni di anni) sovrastanti le strutture appenniniche sepolte, d'età Miocenica (2,4- 5,4 Milioni di Anni fa), come riportato alle seguenti figure, quali sovrascorrimenti e/o fronti dai accavallamento (sia della successione carbonatica Meso-Cenozoica che del Triassico Inferiore (Accavallamento profondo d'età Post-Pleistocene Medio). Essendo tali strutture, possibili sedi di riattivazione, nella storia sismica dell'area padana e dell'area in esame, e se ne darà rapido conto all'apposito capitolo (al quale si rimanda) si sono registrate nel tempo ricadute sismiche locali.

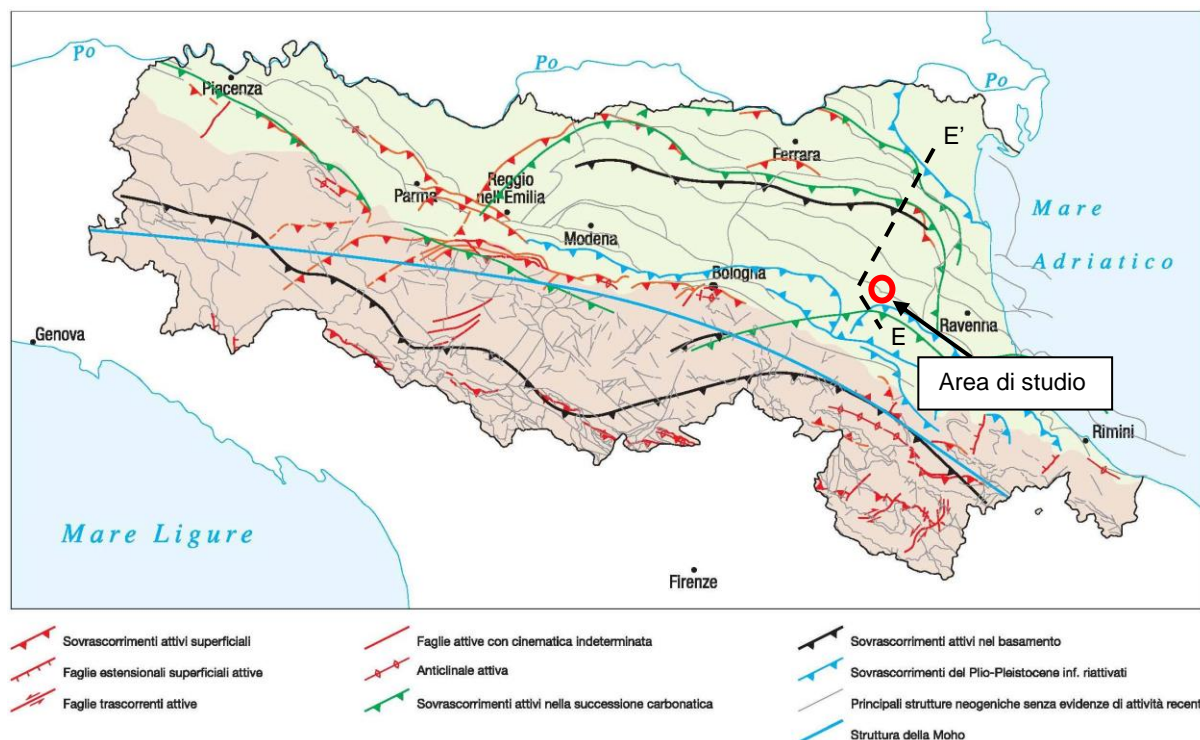


Figura 6 – Schema geologico tratto Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

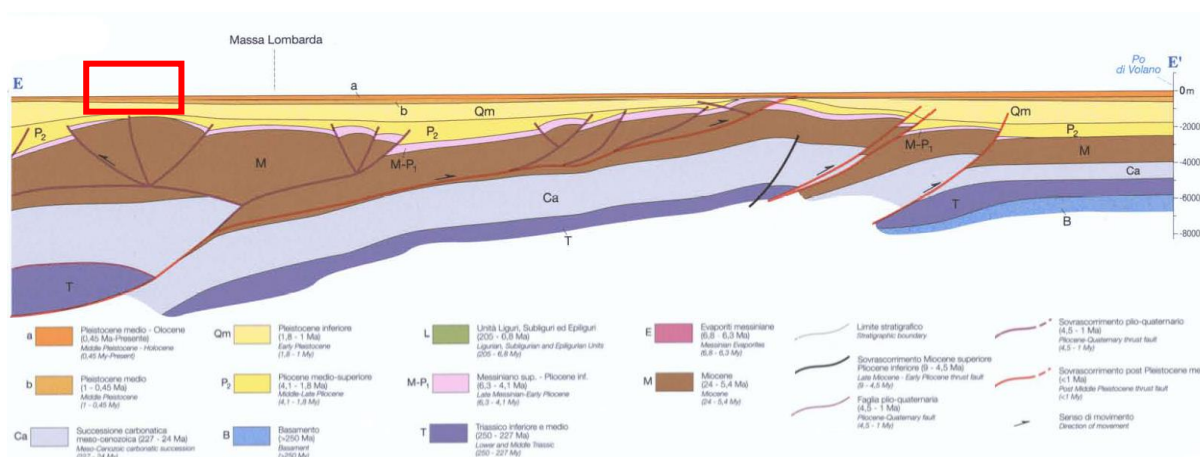


Figura 7 – Sezione geologica E-E', con l'andamento delle pieghe e delle faglie del substrato

4.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

Dal punto di vista geologico latu-sensu e sulla base delle apposite cartografie di riferimento locale e regionale, è possibile ascrivere i terreni di fondazione, caratterizzanti l'area in esame, ai depositi di origine alluvionale.

Dalla Carta Geologica di pianura dell'Emilia – Romagna si evince come per l'area in oggetto si potrebbero riscontrare sia depositi di natura granulare (senso lato) ovvero sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose e subordinatamente limi argillosi e localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Tali litotipi sono ascrivibili depositi di canale di argine prossimale e originati dalle divagazioni del fiume Lamone che nel XI Sec. divagava in quei territori.

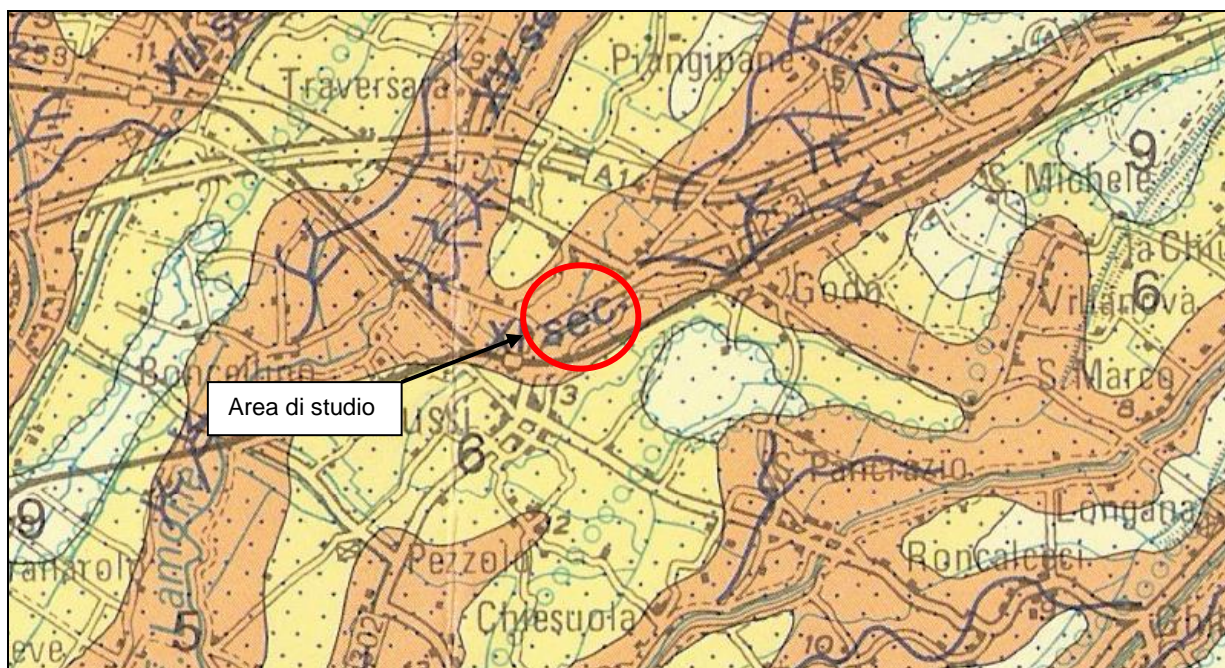


Figura 8 – Estratto della Carta geologica di pianura in scala libera

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

La Carta Geologica dell'Emilia-Romagna in scala 1: 10 000 (disponibile dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli) indica che l'area di studio ricade in un ambiente di piana alluvionale, che nello specifico trattasi di litotipi sabbia limosi ovvero di terreni tipici dei depositi di canale, argine e rotta fluviale. Inoltre Via Vecchia Godo rappresenta una traccia di paleoalveo fluviale abbandonato incerta in una ampia fascia di territorio in cui il Fiume Lamone divagava.

L'unità geologica è la AES8a, ovvero l'unità di Modena, in particolare trattasi del Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna.

La AES8a è un'unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro.

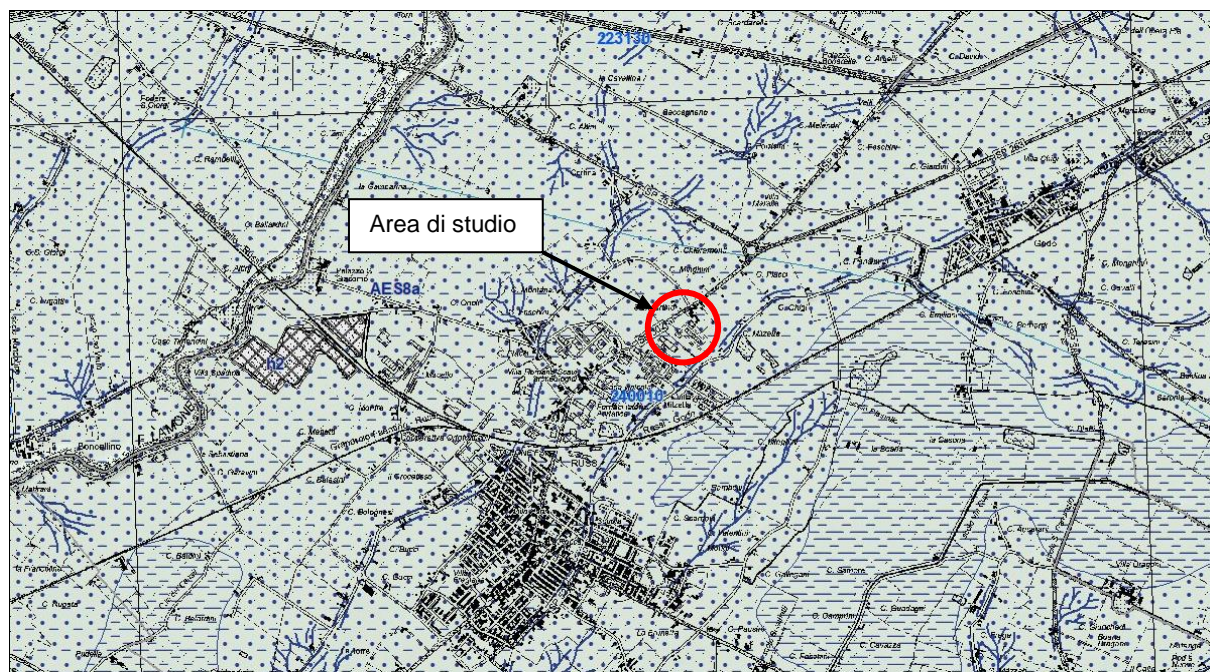


Figura 9 – Estratto della Carta geologica dell'Emilia-Romagna

La condizione litologica superficiale, riscontrata in fase di indagine penetrometrica, non è pienamente conforme con quanto indicato dalle cartografie tematiche di cui sopra che sostanzialmente considerano la litologia di superficie ovvero dei primi decimetri di spessore. Dall'analisi delle risultanze della prova penetrometrica eseguita e delle indagini bibliografiche, si è potuto rilevare che nella sequenza deposizionale fino a circa -11,00/-11,40 m dal p.c. sono presenti litotipi argillo-limosi, a seguire una lente sabbio-limoso fino a -12,20/13,40 m dal p.c. e a seguire litotipi argillosi fino alla profondità massima indagata.

4.3 ASSETTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO LOCALE

L'area è sita a circa 2,4 km a Sud-Est del fiume Lamone e ad oltre 4,5 km a Nord-Ovest del Fiume Montone.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Non si rilevano poi altri corpi idrici in quanto l'area si trova in prossimità di una zona artigiana/commerciale.

La falda freatica locale, o almeno la prima falda sospesa, è stata rilevata, nel foro di esecuzione delle prove CPT alla profondità di circa -1,30/-1,50 m dal p.c.

Per l'area in esame è normale attendersi oscillazioni della falda (che caratterizzano un'ampia fascia della Pianura Padana). E' cioè naturale/normale registrare variazioni del livello della falda fra i periodi estivi/caldi e "siccitosi" e quelli invernali/freddi e piovosi. Il regime delle precipitazioni atmosferiche ed il regime termico locale determina cioè la più o meno veloce ricarica (per semplice infiltrazione diretta) o depressione (relativamente ai fenomeni evapo-traspirativi) della prima falda freatica locale. Dalla misura sopra riportata si potranno registrare nei periodi caldi/siccitosi un approfondimento del livello della prima tavola d'acqua rispetto al piano campagna. È plausibile pertanto ipotizzare una risalita sino a profondità di 1,00 m circa dal p.c., che rappresenta un dato comunque molto penalizzante, ed un abbassamento sino a 4,00 m circa dal p.c.

Chiaramente di tali variazioni della prima falda occorrerà tenere debito conto relativamente alla progettazione delle strutture previste sull'area in esame in quanto potranno originare fenomeni di rigonfiamento e/o di ritiro dei terreni di fondazione, poiché le variazioni del livello della falda potrebbero svilupparsi anche non in forma ciclica e/o regolare, anche le eventuali variazioni di volume potrebbero avere andamento imprevedibile. Le variazioni del livello della prima tavola d'acqua potranno poi sensibilmente modificare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati a tale variazione. L'imbibimento infatti, sviluppandosi su terreni superficiali che presentano una non trascurabile frazione "coesiva" che è per natura più sensibile a tale fenomeni, potrà comunque diminuire le caratteristiche di compressibilità dei terreni.

Relativamente alle falde profonde, queste non verranno ad essere interessate e/o modificate dalla realizzazione delle opere in oggetto.

4.4 LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME E PRIME CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA

Sulla base della prova eseguita, si riportano le seguenti caratteristiche litostratigrafiche caratterizzanti, dal punto di vista geologico, l'area in esame.

- **Orizzonte 1:** da -0,00 m a -3,00 m dal p.c.

Litotipi argillosi e argillosi-limosi caratterizzati da una componente coesiva prevalente. I valori di Q_c sono mediamente compresi tra 10 e 20 kg/cm².

- **Orizzonte 2:** da -3,00 m a -6,20/-6,40 m dal p.c.

Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica caratterizzati da una componente coesiva prevalente. I valori di Q_c sono mediamente compresi tra 5 e 10 kg/cm².

- **Orizzonte 3:** da 6,20/-6,40 a -11,00/-11,40 m dal p.c.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Litotipi argillosi e argillosi-limosi caratterizzati da una componente coesiva prevalente. I valori di Q_c sono mediamente compresi tra 10 e 15 kg/cm².

- **Orizzonte 4:** da -11,00/-11,40 a -12,20/-13,40 m dal p.c.

Litotipi sabbiosi e sabbio-limosi a componente granulare prevalente. I valori di Q_c sono mediamente compresi tra 20 e 40 kg/cm².

- **Orizzonte 5:** da -12,20/-13,40 a -15,00 m dal p.c.

Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica caratterizzati da una componente coesiva prevalente. I valori di Q_c sono mediamente compresi tra 5 e 10 kg/cm².

Tale assetto litostratigrafico si inserisce correttamente nel quadro geologico ed evolutivo (geomorfologico) locale già descritto, come confermato anche dall'analisi delle indagini bibliografiche in possesso nelle dintorni dell'area di studio.

Data la presenza dei terreni coesivi, ovvero di argille è perciò normale attendersi compressibilità/cedevolezza elevata ed una maturazione dei cedimenti che potrà avvenire in tempi anche lunghi. Circa l'entità dei cedimenti e le metodologie e tempistiche di maturazione degli stessi, allo stato attuale delle conoscenze, non avendo a disposizione dati edometrici di laboratorio (derivanti da analisi dirette su campioni di terreno indisturbati raccolti in loco), non è possibile aggiungere niente di più preciso; tale tematica dovrà comunque essere attentamente considerata in fase esecutiva del progetto. In tutti i casi occorrerà attentamente valutare le modalità di interazione fra la struttura da realizzare, le derivanti sovrappressioni che saranno trasmesse ai terreni fondali e le caratteristiche geotecniche dei terreni stessi.

Tale assetto litostratigrafico si inserisce correttamente nel quadro geologico ed evolutivo (geomorfologico) locale già descritto, come confermato anche dall'analisi delle indagini bibliografiche, la cui ubicazione è riportata in allegato.

Nel dettaglio si può osservare quanto segue:

- I litotipi coesivi sono quelli che, dal punto di vista di un intervento di edificazione caratterizzano l'area in esame dal punto di vista fisico-geotecnico, per tali litotipi le condizioni sature (non drenate, $\varphi = 0$) caratterizzanti l'area in esame costituiscono particolare aggravio per la stabilità delle strutture e/o per l'insorgenza dei cedimenti, nonché per la prolungata durata nel tempo dello svilupparsi di tali cedimenti. Infatti la natura stessa dei litotipi argillosi non consente la rapida dissipazione delle sovrappressioni (date dai carichi gravanti). Il tema dei cedimenti secondari/o a lungo termine dovrà essere attentamente considerato.
- Le eventuali e normali/naturali variazioni del livello della falda freatica potranno dar origine a fenomeni di rigonfiamenti e ritiri per i terreni in oggetto. Si ritiene che tale fenomeno debba essere tenuto in considerazione e controllato. Le strutture fondali dovranno essere sufficientemente rigide da sopportare le suddette variazioni di volume (che potranno svilupparsi in maniera "ritmica" o regolare, ma anche in maniera imprevedibile) e le strutture in elevazione dovranno essere dotate di accorgimenti che consentano di non danneggiarsi (anche relativamente a finiture e/o impianti) in caso delle citate variazioni di volume dei terreni fondali.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

- Le variazioni del livello della falda superficiale potranno anche causare variazioni delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati a queste stesse variazioni, che normalmente si svilupperanno in penalizzazioni in caso di imbibimento, ovvero di avvicinamento del livello della falda al p.c.
- Nel complesso, si ritiene che l'area in esame non presenti rischi derivanti da fenomeni di liquefazione all'atto di un eventuale episodio sismico se non trascurabili. L'argomento verrà comunque trattato all'apposito punto della presente relazione, al quale si rimanda.

Per una puntuale individuazione della stratigrafia rilevata si rimanda all'Allegato 1 in cui sono presenti le schede di restituzione stratigrafica. Più approfondite considerazioni di natura geotecnica sono proprie e saranno quindi riportate nella successiva fase di Modellazione Geotecnica.

È comunque raccomandabile porre attenzione, durante la fase esecutiva alla validazione del modello testè descritto. E cioè verificare se quanto rilevabile anche solo superficialmente, in fase di scavo delle eventuali strutture fondali sia sufficientemente aderente a quanto descritto. Nel caso invece si individuasse la presenza di situazioni anomale localizzate e non previste, sarà opportuno e doveroso procedere ad una rivisitazione critica del modello proposto e/o individuare opportuni provvedimenti atti a "recuperare" la funzionalità di ogni eventuale fase progettuale/ realizzativa.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

5. RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLO DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO E COME BUONA NORMA PROGETTUALE

Il piano di posa delle strutture fondali dovrà essere posto al di fuori della fascia di terreno di fondazione che può significativamente risentire e/o essere interessata dalle oscillazioni (anche dal fenomeno del gelo, che per le latitudini ed il clima in questione può determinare i propri effetti sino alla profondità di 60 cm circa dal p.c.) del contenuto di acqua. Per l'area oggetto della presente relazione occorre ricordare la superficialità della falda durante il periodo invernale/piovoso. Quindi se gli scavi per realizzare le strutture fondali dovessero superare la profondità di -1,00 m dal p.c., potrebbero, se eseguiti in periodo piovoso, dover essere eseguiti in falda o comunque in presenza di acqua ed occorrerà provvedere al mantenimento degli stessi "fronti" di scavo (seppure di modestissima altezza), durante l'esecuzione delle stesse strutture fondali. Occorrerà poi tenere in conto della sottospinta idraulica e del fatto che tale sottospinta potrà essere variabile ovvero anche del tutto assente. Occorrerà infatti tenere conto delle naturali/normali oscillazioni della falda, tali oscillazioni potranno essere indicativamente comprese fra 1,00 e 4,00 m circa dal p.c. (come riportato al § 4 al quale si rimanda). Le oscillazioni potranno seguire o meno il regime termico e pluviometrico atmosferico. La variazione del livello della falda causerà ritiri e rigonfiamenti (anche centimetrici) degli stessi terreni di fondazione e potrà notevolmente variare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni che subiranno tali variazioni. Dette variazioni si svilupperanno in maniera più o meno ciclica, si necessiterà quindi di opportuna rigidità strutturale (soprattutto fondale) e di strutture in elevazione che non si danneggino, nemmeno relativamente a finiture e/o impianti. Le variazioni di livello della falda porteranno poi anche a sensibili variazioni delle caratteristiche geotecniche dei terreni che subiscono tali variazioni; ci si dovrà/potrà cioè attendere che rispetto a quanto di seguito riportato alle apposite tabelle i valori geotecnici possano variare in maniera anche apprezzabile ed allo stato attuale delle conoscenze, in maniera non definibile. Per una più attenta descrizione dell'assetto idrogeologico locale si rimanda al § 4.

5.1 CARATTERIZZAZIONE FISICA DEI TERRENI

Le condizioni dei terreni di fondazione sono **non drenate** da una profondità variabile indicativamente compresa fra 1,00/4,00 m circa dal p.c., (come riportato al § 4 al quale si rimanda).

Condizioni drenate non sono significative per l'area in esame.

5.2 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI

5.2.1 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE ED ALTRE CONSIDERAZIONI LOCALI RELATIVE AI TERRENI DELL'AREA IN ESAME

Le peculiarità geotecniche dell'area in esame sono caratterizzate dalla presenza prevalente di litotipi argillosi e argillo-limosi. Possono quindi rilevarsi le seguenti peculiarità geotecniche (latu sensu):

- I terreni presentano compressibilità/cedevolezza non trascurabile, causato dalla presenza predominante di terreni argillosi e argillo-limosi fino alla profondità massima indagata di -15 m dal p.c. Si

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

ricorda che l'eventuale presenza di torbe, oltre a presentare caratteristiche geotecniche e capacità portante scarsissime sono altresì caratterizzate da anisotropia spazio/temporale dell'insorgere e della maturazione dei cedimenti che potrebbero essere anche differenziali e/o "improvvisi". Normalmente tali effetti negativi potrebbero essere "controllati" da una debita rigidità delle strutture fondali.

- I terreni di fondazioni sono in condizioni NON drenate, la maturazione dei cedimenti (all'assunzione dei carichi) potrà prolungarsi lungamente nel tempo. Le condizioni non drenate (connesse alla natura argillosa) non consentono infatti la rapida dissipazione dei sovraccarichi derivanti dall'edificazione delle strutture.
- Condizioni drenate non sono complessivamente significative per l'area in esame.
- Le naturali/normali oscillazioni della falda freatica potranno far variare il volume dei terreni di fondazione (interessati appunto alla variazione della falda). Si potranno instaurare fenomeni di rigonfiamento/ritiro che potranno svolgersi con modalità più o meno cicliche (in connessione alla variabilità/stagionalità delle condizioni climatiche), ovvero con modalità molto meno prevedibili.
- Largamente trascurabile è anche la presenza di litotipi granulari per i quali si possano ipotizzare fenomeni di liquefazione all'atto di uno scuotimento sismico.

Relativamente alla valutazione della natura degli interventi da realizzarsi sull'edificio in oggetto dovranno eseguire apposite valutazioni strutturali e geotecniche, come previsto dalle NTC vigenti.

5.2.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Si propone la seguente caratterizzazione dei terreni, sulla base dell'indagine penetrometrica eseguita (l'indagine eseguita è stata anche raffrontata ad indagini di bibliografia relative alla caratterizzazione geologica, in senso lato, locale e quindi ad aree prossime a quella in esame ed ad essa assimilabili dal punto di vista dell'origine geologica e lito-deposizionale). La Modellazione Geotecnica è proposta nella tabella seguente ed è relativa ai parametri indicati dalle NTC vigenti. Evidentemente è riportata sulla base di ipotesi che si ritengono congrue alle opere da realizzare.

Si è quindi proceduto all'individuazione di valori geotecnici caratteristici che saranno di seguito tabellati; tali valori potranno essere suscettibili di riconsiderazione da parte dei progettisti, sulla base di eventuali considerazioni diverse da quelle adottate nella presente relazione. L'intera progettazione geotecnica delle strutture dovrà comunque essere attentamente valutata in relazione alla funzionalità ed alle "richieste" (carichi, cedimenti ammissibili, altri requisiti funzionali ecc.) delle strutture. Dovranno altresì, logicamente, valutarsi i singoli cedimenti assoluti per le singole strutture da realizzarsi e nei vari punti caratteristici di tali strutture (centro fondazione, margini fondazione ecc.).

Dell'indagine eseguita si riportano in allegato i moduli relativi alle tabelle dei parametri geotecnici derivati alle quali si rimanda per una puntuale individuazione di tali parametri ogni 20 cm. Anche la metodologia utilizzata per la determinazione di tali dati è riportata in allegato.

Nella tabella, sulla base di quanto precedentemente riportato in relazione, si sono utilizzate le seguenti notazioni:

1. per gli orizzonti granulari:

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

- le notazioni di Meyerhoff per sabbie limose;
 - Φ = Angolo d'Attrito Interno Efficace (terreni granulari N.C.)
2. per gli orizzonti coesivi e organico- torbosi:
- per la Cu (Coesione Non Drenata) dei terreni che contengono una componente coesiva e/o dei terreni coesivi, si è utilizzata una correlazione Cu- Rp, Begemann 1965, Raccomandazioni A.G.I. 1977)
 - Per Mo (modulo di Deformazione Edometrico), per gli stessi terreni coesivi, correlazioni fra Rp e la natura granulare (Sanglerat, 1972; Mitchell & Gardner, 1975; Ricceri et al., 1974; Golden, 1973).

Evidentemente l'utilizzo di valori riconducibili al 5° percentile ed anche di una individuazione a volume di rottura grande sono due temi suscettibili di condivisione o meno da parte del progettista o meglio ancora di concorrenzialità (come da N.T.C., si veda la Premessa) fra progettista e Geologo. Potrà soprattutto essere l'utilizzo di una individuazione di un Volume di Rottura Grande. Si ritiene che per normali fondazioni superficiali il volume significativo sia stato sufficientemente indagato anche in ragione della natura dei terreni e comunque si è certamente indagata la fascia di terreni fondali ove l'incremento di pressione derivante dai carichi gravanti è significativo.

L'assetto lito-deposizionale/geomeccanico complessivo è congruo con quanto precedentemente riportato (anche ad esempio alla Relazione di Modellazione Geologica) circa l'assetto geologico, geomorfologico e lito- deposizionale degli intorni dell'area in esame.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

	prof. dal p.c.	CPT1(falda -1,30)											
		γ (t/m ³)		frazione coesiva									
				Cu (kg/cm ²)	OCR	Eu 50 (kg/cm ²)	Mo (fr. coesiva) (kg/cm ²)						
		sopra falda	sotto falda										
STRATO 1 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	0,00-3,00	γ (k)	1,85	γ (k)	0,91	Cu (k)	0,57	OCR (k)	18,55	Eu50 (k)	97,54	Mo (k)	44,44
		γ (media)	1,85	γ (media)	0,93	Cu (media)	0,61	OCR (media)	25,85	Eu50 (media)	103,14	Mo (media)	46,46
		γ (min)	1,85	γ (min)	0,88	Cu (min)	0,45	OCR (min)	10,70	Eu50 (min)	77,00	Mo (min)	38,00
		γ (max)	1,85	γ (max)	0,97	Cu (max)	0,72	OCR (max)	98,00	Eu50 (max)	123,00	Mo (max)	54,00
STRATO 2 Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica	3,00-6,20	γ (k)	0,70	Cu (k)	0,32	OCR (k)	3,55	Eu50 (k)	93,46	Mo (k)	23,43		
		γ (media)	0,78	Cu (media)	0,37	OCR (media)	4,20	Eu50 (media)	118,81	Mo (media)	29,31		
		γ (min)	0,46	Cu (min)	0,20	OCR (min)	2,30	Eu50 (min)	23,00	Mo (min)	6,00		
		γ (max)	0,89	Cu (max)	0,64	OCR (max)	7,60	Eu50 (max)	178,00	Mo (max)	48,00		
STRATO 3 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	6,20-11,00	γ (k)	0,83	Cu (k)	0,51	OCR (k)	3,35	Eu50 (k)	185,64	Mo (k)	37,24		
		γ (media)	0,88	Cu (media)	0,56	OCR (media)	3,85	Eu50 (media)	213,17	Mo (media)	42,38		
		γ (min)	0,46	Cu (min)	0,25	OCR (min)	1,10	Eu50 (min)	32,00	Mo (min)	8,00		
		γ (max)	0,98	Cu (max)	0,75	OCR (max)	5,70	Eu50 (max)	278,00	Mo (max)	56,00		
STRATO 4 Litotipi sabbiosi e sabbio- limosi	11,00-12,20	γ (k)	0,88	Cu (k)	-	OCR (k)	-	Eu50 (k)	-	Mo (k)	-		
		γ (media)	0,92	Cu (media)	-	OCR (media)	-	Eu50 (media)	-	Mo (media)	-		
		γ (min)	0,85	Cu (min)	-	OCR (min)	-	Eu50 (min)	-	Mo (min)	-		
		γ (max)	0,99	Cu (max)	-	OCR (max)	-	Eu50 (max)	-	Mo (max)	-		
STRATO 5 Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica	12,20-16,00	γ (k)	0,80	Cu (k)	0,48	OCR (k)	1,82	Eu50 (k)	229,57	Mo (k)	34,57		
		γ (media)	0,86	Cu (media)	0,53	OCR (media)	2,09	Eu50 (media)	280,50	Mo (media)	41,00		
		γ (min)	0,46	Cu (min)	0,30	OCR (min)	1,00	Eu50 (min)	39,00	Mo (min)	9,00		
		γ (max)	0,97	Cu (max)	0,72	OCR (max)	3,10	Eu50 (max)	370,00	Mo (max)	54,00		

	prof. dal p.c.	CPT1(falda -1,30)											
		frazione granulare				valori indicativi							
		Dr (%)	ϕ (°)	E'50 (kg/cm ²)	Mo (fr. granulare) (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	ϕ' (°)	kW (kg/cm ³)	v				
STRATO 1 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	0,00-3,00	Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50(k)	-	Mo (k)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW -	v 0,50
		Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-				
		Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-				
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				
STRATO 2 Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica	3,00-6,20	Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50 (k)	-	Mo (k)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW 1,20	v 0,50
		Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-				
		Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-				
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				
STRATO 3 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	6,20-11,00	Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50 (k)	-	Mo (k)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW 1,20	v 0,50
		Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-				
		Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-				
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				
STRATO 4 Litotipi sabbiosi e sabbio- limosi	11,00-12,20	Dr(k)	21,11	ϕ (k)	27,85	E'50 (k)	43,07	Mo (k)	77,61	c' 0,05	ϕ' 29,00	kW 2,40	v 0,35
		Dr (media)	29,75	ϕ (media)	29,00	E'50(media)	54,50	Mo (media)	98,25				
		Dr (min)	15,00	ϕ (min)	27,00	E'50 (min)	35,00	Mo (min)	63,00				
		Dr (max)	39,00	ϕ (max)	30,00	E'50 (max)	68,00	Mo (max)	123,00				
STRATO 5 Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica	12,20-16,00	Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50 (k)	-	Mo (k)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW 1,20	v 0,50
		Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-				
		Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-				
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

	prof. dal p.c.	CPT2(falda -1,50)											
		γ (t/m ³)		frazione coesiva									
				Cu		OCR		Eu 50		Mo (fr. coesiva)			
STRATO 1 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	0,00-3,00	sopra falda											
		γ (k)	1,85	γ (k)	0,96	Cu (k)	0,66	OCR (k)	20,58	Eu50 (k)	111,31	Mo (k)	49,60
		γ (media)	1,85	γ (media)	0,97	Cu (media)	0,69	OCR (media)	26,72	Eu50 (media)	117,21	Mo (media)	51,86
		γ (min)	1,85	γ (min)	0,95	Cu (min)	0,54	OCR (min)	11,40	Eu50 (min)	91,00	Mo (min)	42,00
		γ (max)	1,85	γ (max)	0,99	Cu (max)	0,78	OCR (max)	74,70	Eu50 (max)	132,00	Mo (max)	58,00
STRATO 2 Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica	3,00-6,40	γ (k)	0,67	γ (k)	0,35	Cu (k)	0,35	OCR (k)	3,68	Eu50 (k)	81,96	Mo (k)	22,04
		γ (media)	0,75	γ (media)	0,41	Cu (media)	0,41	OCR (media)	4,48	Eu50 (media)	109,19	Mo (media)	29,19
		γ (min)	0,46	γ (min)	0,20	Cu (min)	0,20	OCR (min)	2,00	Eu50 (min)	24,00	Mo (min)	6,00
		γ (max)	0,94	γ (max)	0,70	Cu (max)	0,70	OCR (max)	8,20	Eu50 (max)	187,00	Mo (max)	52,00
		γ (k)	0,87	γ (k)	0,56	Cu (k)	0,56	OCR (k)	3,49	Eu50 (k)	207,14	Mo (k)	41,37
STRATO 3 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	6,40-11,40	γ (media)	0,91	γ (media)	0,61	Cu (media)	0,61	OCR (media)	4,03	Eu50 (media)	232,44	Mo (media)	46,32
		γ (min)	0,46	γ (min)	0,20	Cu (min)	0,20	OCR (min)	0,80	Eu50 (min)	26,00	Mo (min)	6,00
		γ (max)	0,98	γ (max)	0,82	Cu (max)	0,82	OCR (max)	7,60	Eu50 (max)	301,00	Mo (max)	63,00
		γ (k)	0,89	γ (k)	-	Cu (k)	-	OCR (k)	-	Eu50 (k)	-	Mo (k)	-
		γ (media)	0,90	γ (media)	-	Cu (media)	-	OCR (media)	-	Eu50 (media)	-	Mo (media)	-
STRATO 4 Litotipi sabbiosi e sabbio- limosi	11,40-13,40	γ (min)	0,86	γ (min)	-	Cu (min)	-	OCR (min)	-	Eu50 (min)	-	Mo (min)	-
		γ (max)	0,96	γ (max)	-	Cu (max)	-	OCR (max)	-	Eu50 (max)	-	Mo (max)	-
		γ (k)	0,89	γ (k)	0,49	Cu (k)	0,49	OCR (k)	1,74	Eu50 (k)	282,72	Mo (k)	39,89
		γ (media)	0,90	γ (media)	0,51	Cu (media)	0,51	OCR (media)	1,81	Eu50 (media)	291,63	Mo (media)	40,75
		γ (min)	0,86	γ (min)	0,45	Cu (min)	0,45	OCR (min)	1,60	Eu50 (min)	262,00	Mo (min)	38,00
STRATO 5 Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica	13,40-16,00	γ (max)	0,91	γ (max)	0,54	Cu (max)	0,54	OCR (max)	2,00	Eu50 (max)	306,00	Mo (max)	42,00

	prof. dal p.c.	CPT2(falda -1,50)											
		frazione granulare				valori indicativi							
		Dr	ϕ	E'50	Mo (fr. granulare)	C'	ϕ'	kW	v				
STRATO 1 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	0,00-3,00	Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50(k)	-	Mo (k)	-				
		Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW -	v -
		Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-			2,40	0,40
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				
		Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50 (k)	-	Mo (k)	-			1,20	0,50
STRATO 2 Litotipi argillosi e argillosi debolmente limosi con probabile presenza di sostanza organica	3,00-6,40	Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW -	v -
		Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-			2,40	0,40
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				
		Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50 (k)	-	Mo (k)	-			1,20	0,50
		Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW -	v -
STRATO 3 Litotipi argillosi e argillosi- limosi	6,40-11,40	Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-			2,40	0,40
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				
		Dr(k)	13,52	ϕ (k)	27,87	E'50 (k)	37,61	Mo (k)	57,36				
		Dr (media)	22,00	ϕ (media)	28,67	E'50(media)	47,17	Mo (media)	77,14	c' 0,05	ϕ' 29,00	kW -	v -
		Dr (min)	5,00	ϕ (min)	27,00	E'50 (min)	28,00	Mo (min)	30,00			4,80	0,30
STRATO 4 Litotipi sabbiosi e sabbio- limosi	11,40-13,40	Dr (max)	39,00	ϕ (max)	30,00	E'50 (max)	70,00	Mo (max)	126,00				
		Dr(k)	-	ϕ (k)	-	E'50 (k)	-	Mo (k)	-			1,20	0,50
		Dr (media)	-	ϕ (media)	-	E'50(media)	-	Mo (media)	-	c' 0,08	ϕ' 20,00	kW -	v -
		Dr (min)	-	ϕ (min)	-	E'50 (min)	-	Mo (min)	-			2,40	0,40
		Dr (max)	-	ϕ (max)	-	E'50 (max)	-	Mo (max)	-				

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

6. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA “PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE” DEL SITO DI COSTRUZIONE

La classificazione sismica dell'area in esame è basata sui contenuti delle NTV vigenti ed è stata individuata sulla base di una misura sismica passiva locale, di tipo H/V (di cui si dirà oltre) realizzata tramite apparecchiatura tromografica TROMINO © di costruzione MICROMED (e restituzione dei dati mediante apposito software GRILLA ©- MICROMED).

6.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA TROMOGRAFICA E HVSR E SCOPO DELL'INDAGINE

La metodologia tromografica si basa sulla misura diretta delle frequenze di naturale vibrazione dei suoli (e/o di altri oggetti poggiati direttamente o indirettamente sul suolo), sfruttando in pratica l'effetto pendolo. Nel dominio della frequenza vengono coinvolti quattro spettri rappresentati dalle componenti orizzontali e verticali del moto in superficie (HS e VS) e alla base dello strato (HB e VB).

La tecnica di Nakamura si basa sulle seguenti ipotesi: le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde; le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base; la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale.

Sotto queste ipotesi, il rapporto fra le componenti verticali del moto in superficie ed alla base contiene solo termini delle sorgenti locali AS(f) e delle sorgenti alla base AB(f), ed è pari a:

$$R_v(f) = V_s(f)/V_B(f) = A_s(f)/A_B(f).$$

Mentre il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (HS) e alla base dello strato (HB), contiene oltre che il termine di sorgente anche il termine di amplificazione di sito in superficie S(f) e può essere espresso nel seguente modo:

$$R_h(f) = H_s(f)/H_B(f) = [A_s(f) * S_s(f)] / A_b(f).$$

Per rimuovere l'effetto di sorgente dai segnali, Nakamura divide i due rapporti R fra loro ottenendo così la seguente espressione per la funzione trasferimento di sito:

$$R_h(f)/R_v(f) = S_s(\omega) = H_s(f)/H_B(f) * V_B(f)/V_s(f).$$

Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè:

$$V_B(f)/H_B(f) = 1.$$

Il fattore di amplificazione del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo:

$$S(f) = H_s(f)/V_s(f).$$

Le varie ipotesi sono state verificate dallo stesso Nakamura (1989) con misure di microtremori in superficie e in pozzo.

Le stesse assunzioni sono state verificate anche da altri autori confrontando i risultati ottenuti con modelli di propagazione di onde di Rayleigh, modelli di propagazione 1-D di onde S e con modelli di generazione sintetica di rumore. Le conclusioni a cui sono giunti gli studi suddetti sono che il picco visibi-

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

le nei rapporti H/V ottenuti con il rumore simulato è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore e che dipende invece fortemente dalla stratigrafia del terreno.

Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di risonanza del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

La misura è stata eseguita con un apparecchio portatile compatto (TROMINO MICROMED) che alloggia in un unico contenitore rigido metallico tre sensori sismometrici, un digitalizzatore a 24 bit ed il sistema di archiviazione su *flash memory*. Tutte le operazioni descritte sono state fatte prevalentemente in campagna, mediante un programma applicativo appositamente implementato. Questo ha permesso di avere già al sito la possibilità di verificare le misure effettuate ed eventualmente ripeterle. La misura di microtremori è infatti soggetta ad influenze ambientali (vento, pioggia, copertura artificiale dei terreni, ecc.): per una descrizione dettagliata dei problemi legati alla corretta effettuazione delle misure si veda Mucciarelli (1998).

Di seguito si riporta una succinta bibliografia di riferimento circa metodologia, utilizzo e restituzione della metodologia tromografica: Mucciarelli, M. (1998). Reliability and applicability range of Nakamura's technique using microtremors: an experimental approach, *J. Earthquake Engin.*, Vol. 2, n. 4, 1-14. Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *QR Railway Tech. Res. Inst.* 30, 1.

Lo scopo della misura eseguita è l'individuazione dei seguenti parametri caratteristici dell'area in esame:

1. Vs30 e conseguente categoria sismica dei suoli di fondazione, secondo i contenuti delle NTC vigenti.
2. Frequenza propria (di vibrazione) dei suoli di fondazione;

In seguito si riportano anche gli altri parametri di caratterizzazione sismica per l'area in esame, come "richiesti" dalle N.T.C.

L'indagine tromografica si è appoggiata alle conoscenze stratigrafiche locali derivanti dall'esecuzione dell'indagine penetrometrica statica. Ciò è indispensabile data la natura della strumentazione utilizzata e date le possibilità offerte dalle esperienze di Nakamura (et Alii), di cui si è sopra già ampiamente riportato.

È importante far osservare come uno strumento tromografico sia l'unica strumentazione in grado di misurare la frequenza propria di oscillazione dei terreni. Da tali dati si possono poi ricostruire tutte le altre componenti caratterizzanti dal punto di vista sismico i terreni di un'area (e sopra indicati).

La possibilità di risalire ai dati di Vs30 conoscendo le frequenze tipiche di un suolo e gli spessori (profondità) dei suoi riflettori sismici, discende dalle esperienze di Nakamura e del derivato metodo HSVR precedentemente descritto.

Il metodo di indagine utilizzato presuppone alcune approssimazioni legate ad esempio al fatto che le velocità di propagazione delle onde sismiche provocate aumentano dall'alto verso il basso (per questo il metodo consente la determinazione delle velocità intese come medie del volume di terra indagato non avendo un grado di definizione elevato); le velocità Vs così misurate sono comunque significative,

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

trattandosi pur sempre di una misura diretta. Nei grafici H/V – f, che verranno in seguito riportati, si individuano le varie frequenze tipiche dei terreni di fondazione, dato di notevole importanza per una accurata progettazione delle strutture da realizzarsi sull'area in esame.

Soprattutto in considerazione della tipologia strutturale da realizzarsi, si dovranno evitare accoppiamenti fra le modalità di vibrazione delle strutture (prevedibili in fase di progettazione) e le modalità di vibrazione dei terreni di fondazione, di cui sopra.

6.2 RISULTATI DELL'INDAGINE TROMOGRAFICA ESEGUITA

La misura tromografica individua valori di **Vs30** pari a **260 m/s**.

La misura individua quindi i terreni di fondazione come classificabili nella **categoria** di riferimento **C**.

Tale categoria è descritta come: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ KPa (0,70- 2,50 Kg/cm² circa).

Relativamente all'attendibilità del suddetto valore di Vs30, è comunque chiaro che ogni metodologia d'indagine che attiene al "campo" geologico (ancor più se si tratta di un metodo geofisico) è normalmente/fisiologicamente "afflitta" da una aliquota di imprecisione/indeterminatezza e poiché per il metodo in oggetto Autori quali S. Castellaro riportano valori pari al +/-15/20%, sarà il caso di valutare l'influenza di tale errore sui valori sopra riportati.

In relazione quindi ai valori di Vs30, questi potrebbero essere compresi fra 208 m/s nel peggiore dei casi (e quindi di Categoria C) circa e 312 m/s circa (e quindi di Categoria C).

Pertanto di seguito si assumerà la categoria C proposta (ferma restando la possibilità di una differente valutazione da parte dei Progettisti, nel qual caso quanto riportato all'apposito paragrafo di individuazione dei parametri sismici perderà ogni validità).

6.3 ULTERIORI ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE

Si è provveduto a caratterizzare l'area d'indagine secondo i contenuti delle N.T.C., tale caratterizzazione viene riportata di seguito, fra gli altri si è utilizzato il Software Geostru PS ® (free- share disponibile on- line).

D.M.O. S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

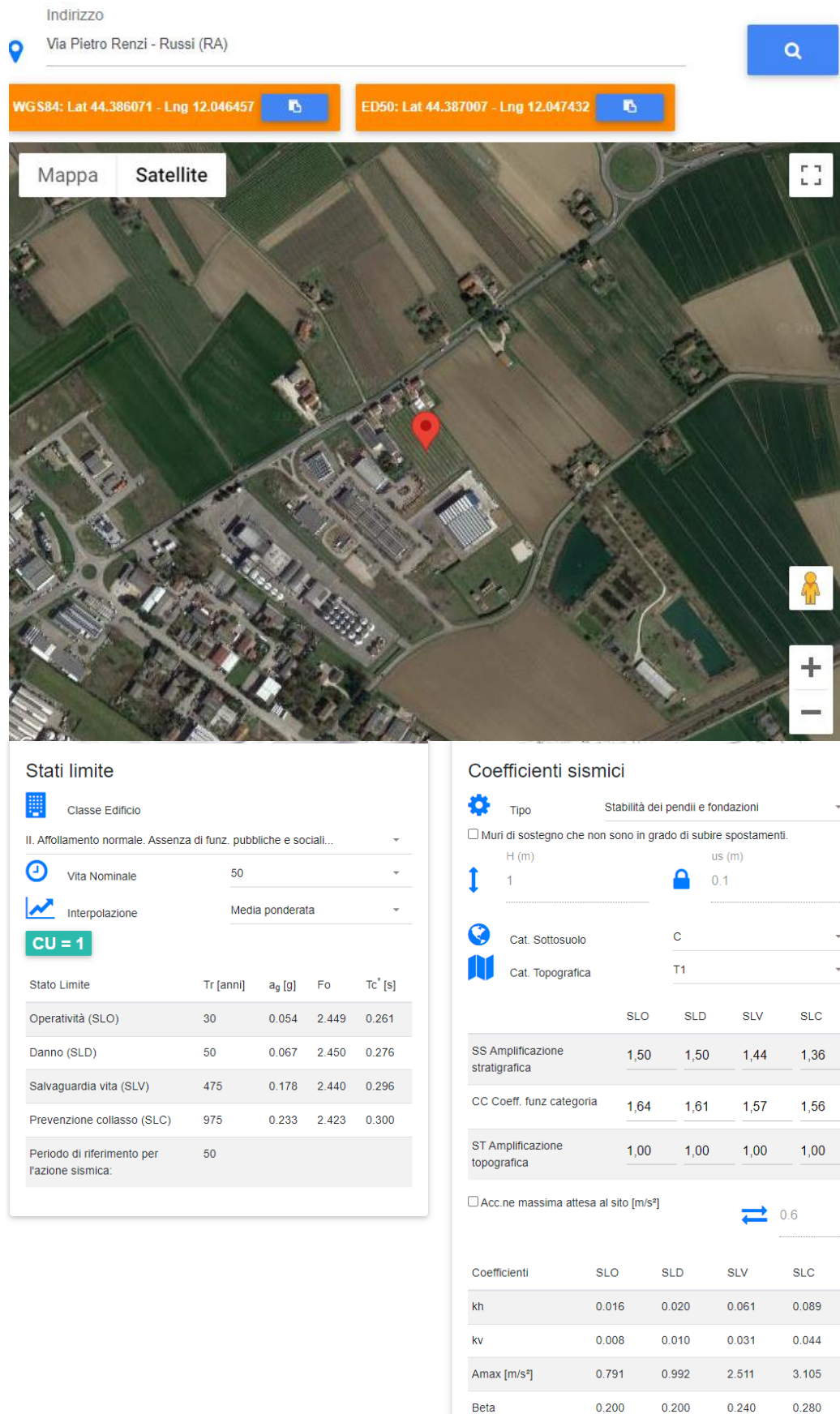


Figura 10 - Ubicazione area ed individuazione dei parametri sismici.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

6.4 STORIA SISMICA LOCALE

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,50 e 6 e intensità massime risentite del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico. Tale sismicità è dovuta al processo ancora attivo di costruzione della catena appenninica. In particolare risultano attivi i sovrascorimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza- Parma, Reggio Emilia e di Ferrara. (Boccaletti et al., 2004).

A seguito del terremoto del Molise del 2002, è stata elaborata una nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale e la progettazione in zona sismica non è più effettuata secondo zone di pari sismicità ma viene effettuata a partire dai valori assoluti di scuotimento del suolo attesi secondo la nuova mappa di pericolosità sismica (che verranno riportate alle figure seguenti).

L'Intensità Massima I_{Max} attesa è pari a 9. L'area è sita all'interno della Zona Sismogenetica (ZS9) di riferimento 912, come verrà illustrato di seguito.

Il territorio del Comune di Russi è correttamente classificato come zona sismica 2 e ad esso (per la maggior parte) è associato un valore di accelerazione massima al suolo compreso tra 0,175 e 0,200g.

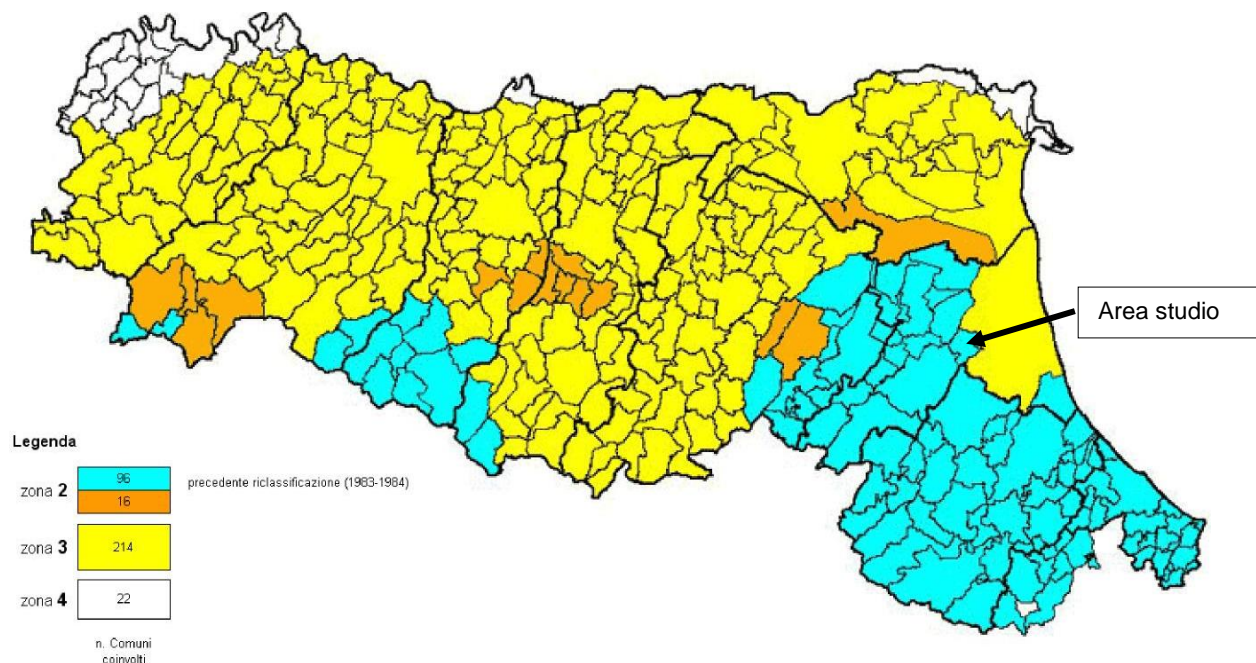


Figura 11 – Classificazione sismica del territorio regionale secondo l'OPCM 3274/2003. Il Comune di Russi viene attribuito alla zona 2.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

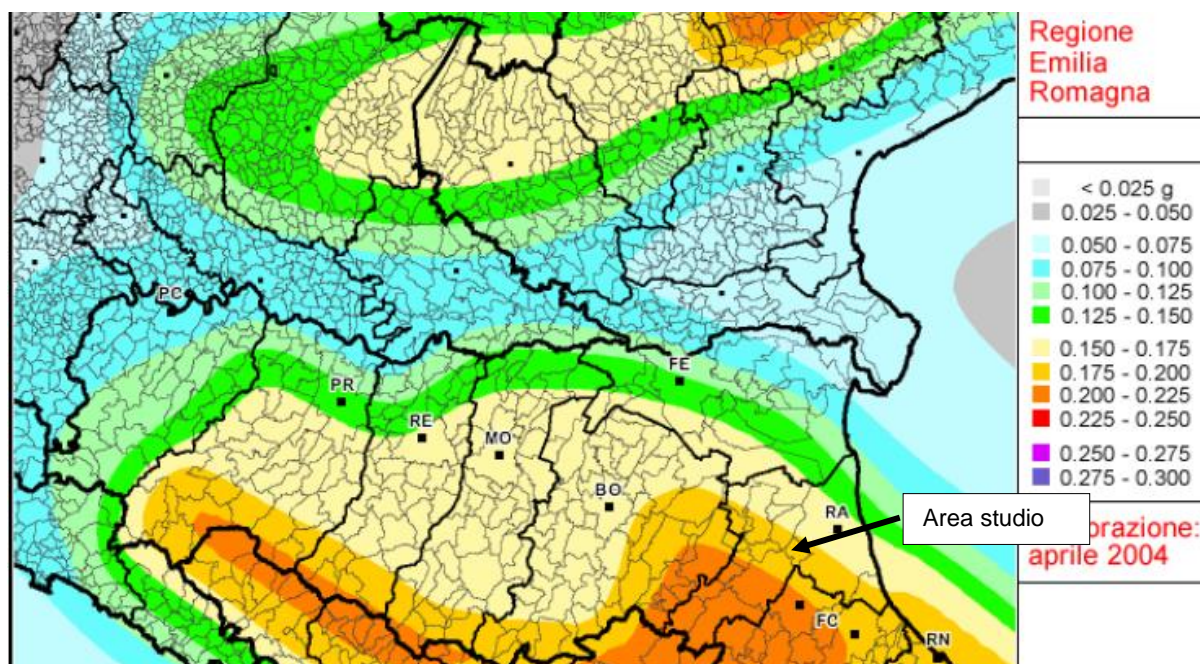


Figura 12 – Mappa di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Cat. A). All'area del Comune di Russi è associata un'accelerazione compresa tra 0,175 e 0,200 g. (Meletti & Montalbo, 2007).

Di seguito si riporta una mappa degli epicentri dei terremoti avvenuti nella Regione Emilia-Romagna dal 1000 ad oggi. Si può osservare che la maggior sismicità è concentrata nella zona dell'Appennino Romagnolo. Relativamente ai pressi (molto allargati invero) dell'area in esame si osservano alcuni eventi di magnitudo compresa tra 5.0 e 5.9 (Mw).

La città di Russi, in particolare, è stata colpita dai seguenti terremoti all'interno della medesima ZS912:

- nel 1688 – Romagna (Intensità 8-9, M $5,84 \pm 0,24$);
- nel 1881 – Russi (Intensità 6-7, M $4,69 \pm 0,32$).

La magnitudo attesa per il territorio del Comune di Russi (e di una ulteriore fascia molto estesa della Provincia di Ravenna, nella Zona Sismogenetica 912) è pari a $M=6,1$ circa, ciò sulla base di considerazioni statistico-probabilistiche (determinazioni tramite il Metodo di Gumbel, 1997) che tengono in considerazione distanza epicentrale degli eventi dall'area in esame e della regressione temporale degli stessi, per le ZS 912/914. Questo valore è molto penalizzante per l'area in esame, ricordando le magnitudo storiche sopra citate e considerando che la scala di misura della magnitudo è logaritmica.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

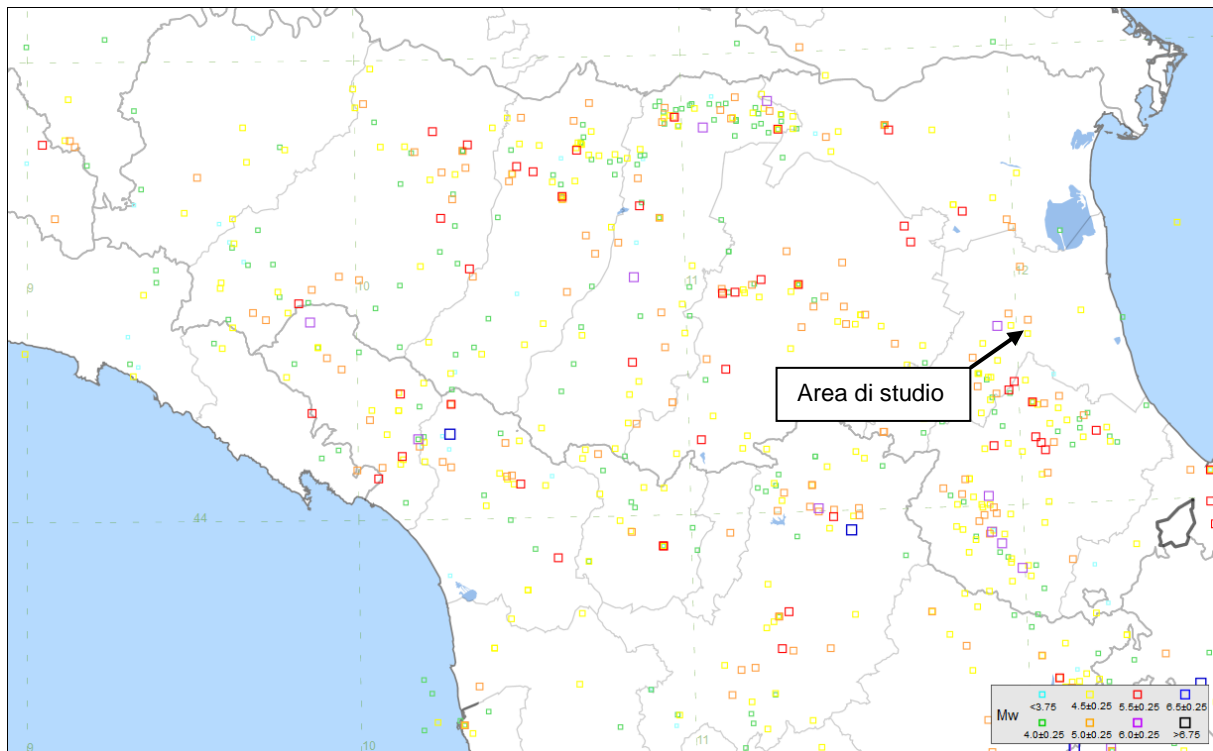


Figura 13 – Mappa degli epicentri dei terremoti avvenuti in Emilia Romagna dal 1200 ad oggi (CPTI2015).
Dalla consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15, l'area del Comune Russi ha registrato nel tempo gli eventi sismici riportati nelle figure di seguito.

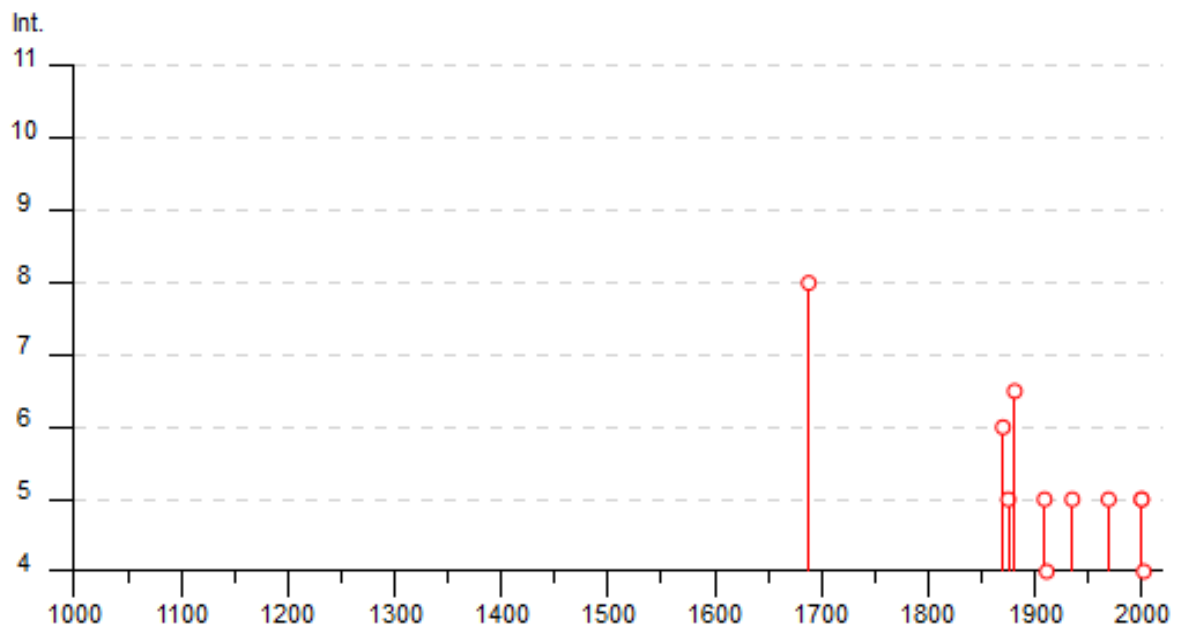


Figura 14 – Storia sismica del Comune di Russi. L'Intensità Sismica (Is) massima registrata è 8.

DMO S.P.A.
 PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
 IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw	
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
8	1688	04	11	12	20		Romagna	39	8-9	5.84
F	1810	12	25	00	45		Pianura emiliana	33	6	5.06
6	1870	10	30	18	34		Forlivese	41	8	5.61
5	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5.74
6-7	1881	02	12				Russi	13	5-6	4.69
3	1881	09	28				Cesena	24	6-7	4.71
3	1895	03	23				Comacchio	33	6	4.65
NF	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
F	1898	01	16	13	10		Romagna settentrionale	110	6	4.59
2	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	68	6	4.59
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
5	1935	06	05	11	48		Faentino	27	6	5.23
5	1969	01	10	16	17	3	Pianura Ravennate	22	5	4.38
NF	1971	10	04	16	43	3	Valnerina	43	5-6	4.51
NF	1972	11	30	11	25	2	Costa pesarese	30		4.52
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1993	11	07	23	21	1	Cesenate	36	4-5	3.95
NF	1993	11	09	13	46	2	Cesenate	28	4-5	3.93
NF	1995	12	27	23	44	2	Forlivese	37	5	3.97
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
NF	1999	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5	4.36
5	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
5	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67
2-3	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
4	2002	11	02	10	57	4	Ferrarese	79	4	4.21
3-4	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18
3-4	2005	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29

Figura 15 – Elenco dei terremoti per il Comune di Russi.

D.M.O. S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Il territorio del comune di Russi, è stato colpito dal forte terremoto del 1688 (IS= 8-9, Mw 5.84±0,24); per tale evento il valore di IS è 8.

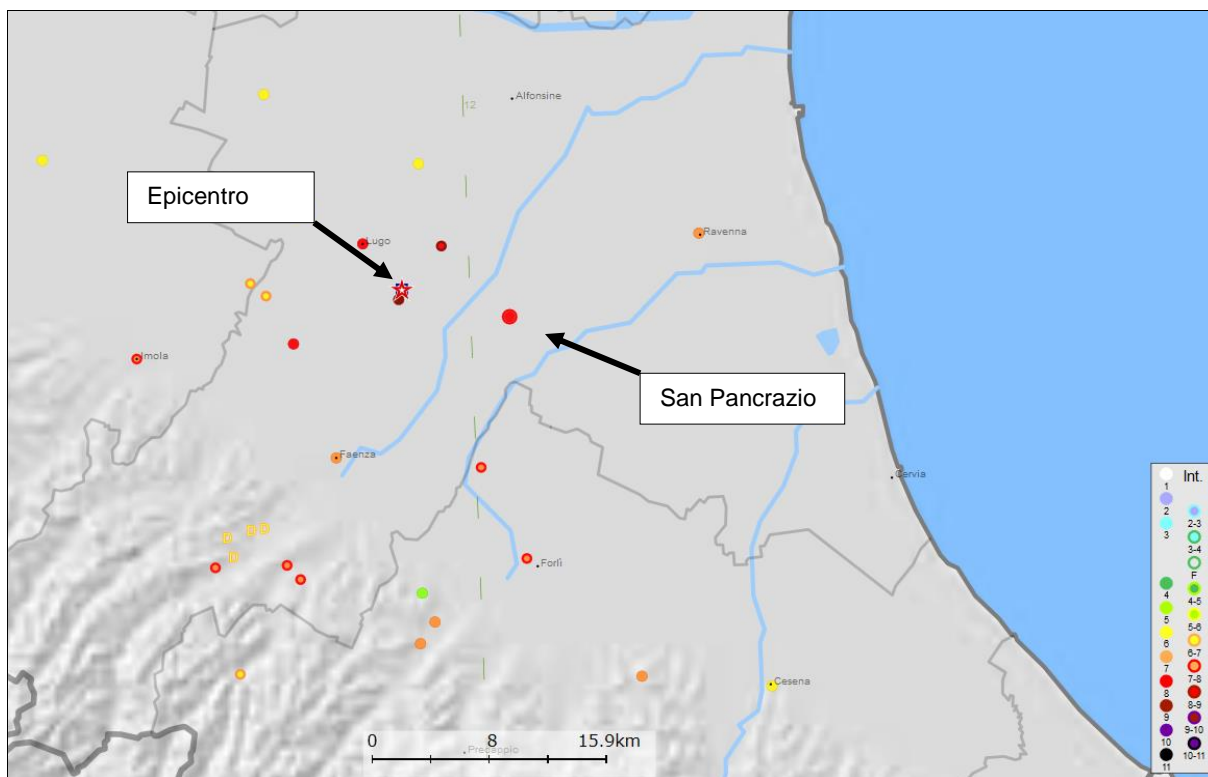


Figura 16 – distribuzione dei risentimenti dell'evento del 1688 – Romagna in scala libera. Come tratto dal sito dell'I.N.G.V. (DBMI15)..

Relativamente al terremoto del 1881 (IS= 6-7, Mw 4,69±0,32); per tale evento il valore di IS è 6-7.

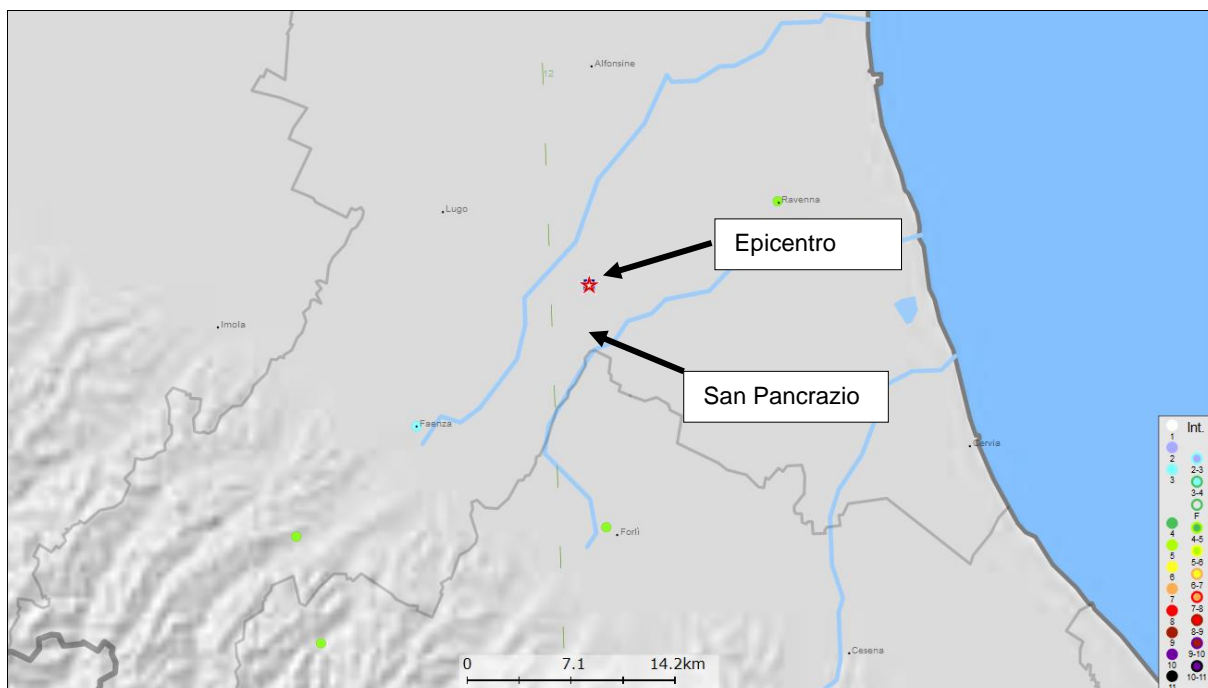


Figura 17 – distribuzione dei risentimenti dell'evento del 1881 – Russi in scala libera. Come tratto dal sito dell'I.N.G.V. (DBMI15).

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Il 06/06/2012, un evento di Magnitudo 4,21 con epicentro appena fuori la costa di fronte a Ravenna e con ipocentro stimato alla profondità di oltre 25 Km (e quindi molto più profondo di quelli della sequenza emiliana) ha ulteriormente modificato il quadro sismico locale. Fortunatamente la magnitudo molto modesta ed il ridotto “sciame” sismico riconduce la scossa ad un evento “accessorio”, comunque segnale che la sismicità dell’area ravennate è evidentemente presente.

6.5 DISAGGREGAZIONE STATISTICO- PROBABILISTICA DEI DATI SISMICI

Come visto nel capitolo precedente, il territorio del Comune di Russi è stato sede di epicentri di eventi sismici caratterizzati da Intensità e Magnitudo NON trascurabili e si è già potuta constatare la complessità geologica profonda, caratterizzata da sovrascorrimenti riattivati in prossimità dell’abitato di Russi.

Da una analisi di disaggregazione statistico- probabilistica dei dati sismici relativi a distanza e valori di magnitudo ed avente come riferimento l’area in esame (analisi che verrà di seguito riportata) si può evincere che, con un tempo di ritorno di 50 anni:

1. il valore di M avente localmente maggiori probabilità di ripetersi è pari a 5,00 e ha una probabilità di accadimento del 25-30% entro 10 km e del 9-11% entro 20 km
2. i valori di M =5,50 hanno una probabilità di accadimento di 15-20% entro 10km e 9-11% entro 20km
3. i valori di M =4,50 hanno una probabilità di accadimento di 11-15% entro 10km e 9-11% entro 20km
4. i valori di M=6 ha una probabilità di accadimento del 7-9% entro 10 km e 5-7% entro 20 km

Si ricorda l’evento con magnitudo massima del 1688 con un valore di M pari a 5,84.

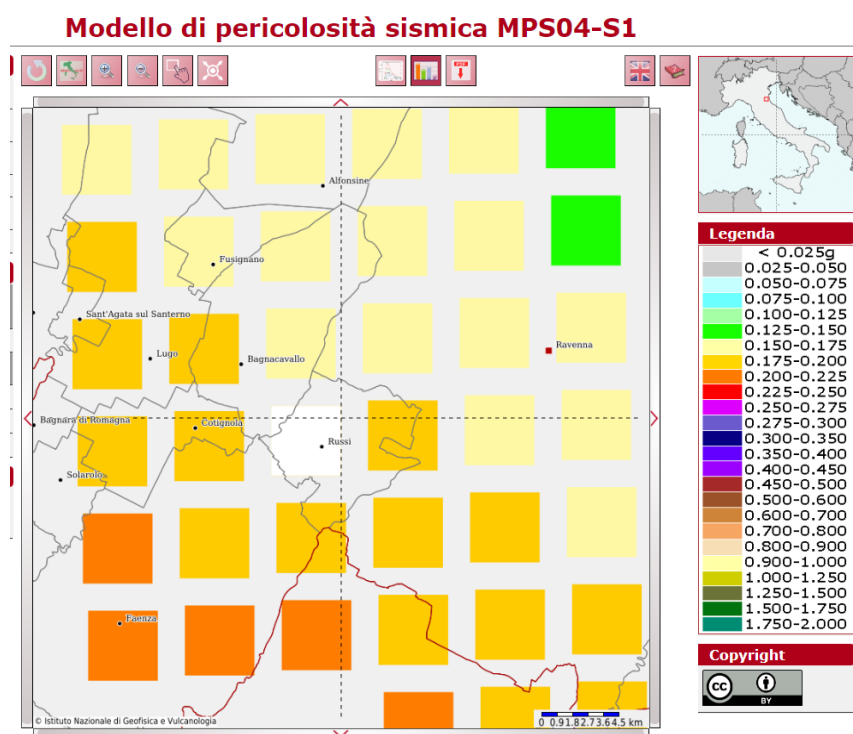


Figura 18 – Pericolosità sismica in prossimità dell’area di studio

D.M.O. S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

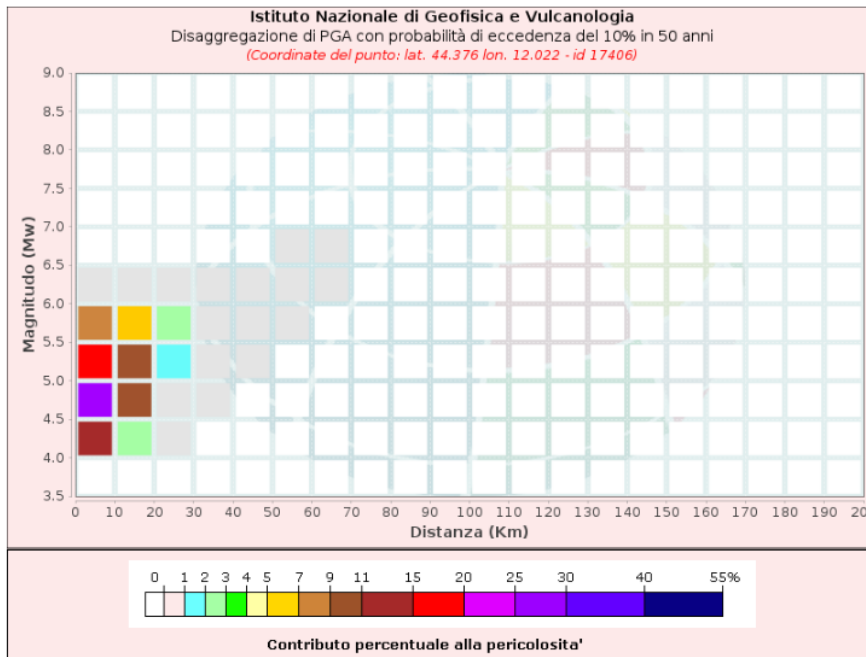


Figura 19 – Probabilità del verificarsi di un evento sismico in prossimità dell’area di studio

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.376 lon. 12.022 - id 17406)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	14.5000	27.4000	15.8000	7.2900	0.6680	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.8700	9.2200	9.4000	6.3300	0.5440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0101	0.5760	1.9300	2.1500	0.2440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0004	0.1690	0.5960	0.0997	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0953	0.0451	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076	0.0181	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.0	9.0	0.961

Figura 20 – Probabilità del verificarsi di un evento sismico

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

6.6 SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI SATURI GRANULARI LOCALMENTE RILEVATI

Il fenomeno della liquefazione determina una diminuzione della resistenza al taglio e/o della rigidità, nei litotipi granulari, causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico e tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Le Norme Tecniche annesse alla vigente Normativa Sismica (NTC 2018 capitolo 7.11.3.4) permettono di omettere la verifica a liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Inoltre secondo l'Ordinanza 3274, 3316 e s.m.i. impongono detta verifica quando *"la falda freatica si trovi in prossimità della superficie (p.c.) ed il terreno di fondazione comprenda **strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda**, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa"*.

"Nel caso di edifici con fondazioni superficiali tale verifica può essere omessa per litotipi suscettibili che si trovino a profondità maggiore di 15 m dal p.c.".

"Tale verifica si può altresì omettere nel caso $Sa_g < 0,15$ g e contemporaneamente il litotipo potenzialmente liquefacibile soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

1. *contenuto d'argilla >20% con IP (Indice Plastico)>10;*
2. *contenuto di limo >35% e $N_{spt}>20$;*
3. *frazione fine trascurabile e $N_{spt}>25$ "*,

(dove IP =Indice Plastico, N_{spt} =Resistenza Penetrometrica normalizzata alla prova N_{spt} in foro)

Da quanto emerso da ricostruzione lito-stratigrafica delle prove CPT, si rileva la presenza fino a circa -11,00/-11,40 m dal p.c. sono presenti litotipi argillo-limosi, a seguire una lente sabbio-limosa fino a -12,20/13,40 m dal p.c. e a seguire litotipi argillosi fino alla profondità massima indagata.

Autori quali Crespellani, Sheriff, Ishibashi ed altri riportano che, per le energie sismiche attese per l'area in esame, uno spessore pari a circa cinque metri di materiale non liquefacibile sovrastante la lente granulare eventualmente liquefacibile, svolge un'azione di contrasto sufficiente a far sì che gli effetti di una eventuale liquefazione non vengano trasmessi alla superficie.

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

La verifica alla liquefazione è stata eseguita mediante il metodo di calcolo Robertson et al. (1998) ed Metodo NCEER (1998) per il calcolo dell'indice di potenziale liquefazione (LPI).

A questo punto occorre riportare alcune considerazioni circa la determinazione del terremoto di progetto, a partire dal valore di M utilizzato per il calcolo in esame. Per la presente verifica si adotterà il valore di 6,1 precedentemente descritto. Sulla scorta del Catalogo CTPI15 si potrà invece rilevare come il Comune di Russi sia in realtà stati sottoposto ad eventi sismici di Magnitudo (Richter) massima pari a 5,84. **Si osservi che essendo la scala di M logaritmica, il valore di 6,14 risulta quindi essere estremamente penalizzante. Ad ulteriore penalizzazione nella verifica la falda è stata posta alla profondità assolutamente penalizzante di 1,00 m dal p.c.**

Poiché le CPT alterano le risultanze delle verifiche sovrastimando il valore di F_s , il valore dell'attrito laterale è stato dimezzato in modo tale da far sì che le risultanze delle CPT possano in una qualche maniera (ovvero tramite semplificazioni) essere ricondotte a prove CPTU (Smits F.P. 1982).

La verifica alla liquefazione è stata eseguita per la CPT 2, caratterizzata da una componente maggiormente limo-sabbiosa per la magnitudo massima attesa per la ZS 912/914 (M=6.14) che per valori inferiori con maggior probabilità di accadimento come indicato al paragrafo precedente (M=5.00).

Per l'area in esame il valore di S^*a_0/g è pari 0,256 (che deriva da $S= 1,44$ e da $ag/g= 0,178$).

Il calcolo del LPI è utilizza la metodologia sviluppata da Iwasaki (1982) ed è adottata da AFPS. Per stimare la gravità della liquefazione in un dato sito. LPI è calcolato in base alla seguente equazione:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times dz$$

$F_L = 1 - F.S.$ quando F.S. è inferiore a 1

$F_L = 0$ quando F.S. è superiore a 1

Z = profondità (m)

Il valore di LPI può variare tra 0 (quando non ci sono spessori in cui si rileva liquefazione) e 100 (tutti gli spessori sono caratterizzati da una suscettibilità alla liquefazione). Iwasaki propone 4 categorie basate sul valore di LPI:

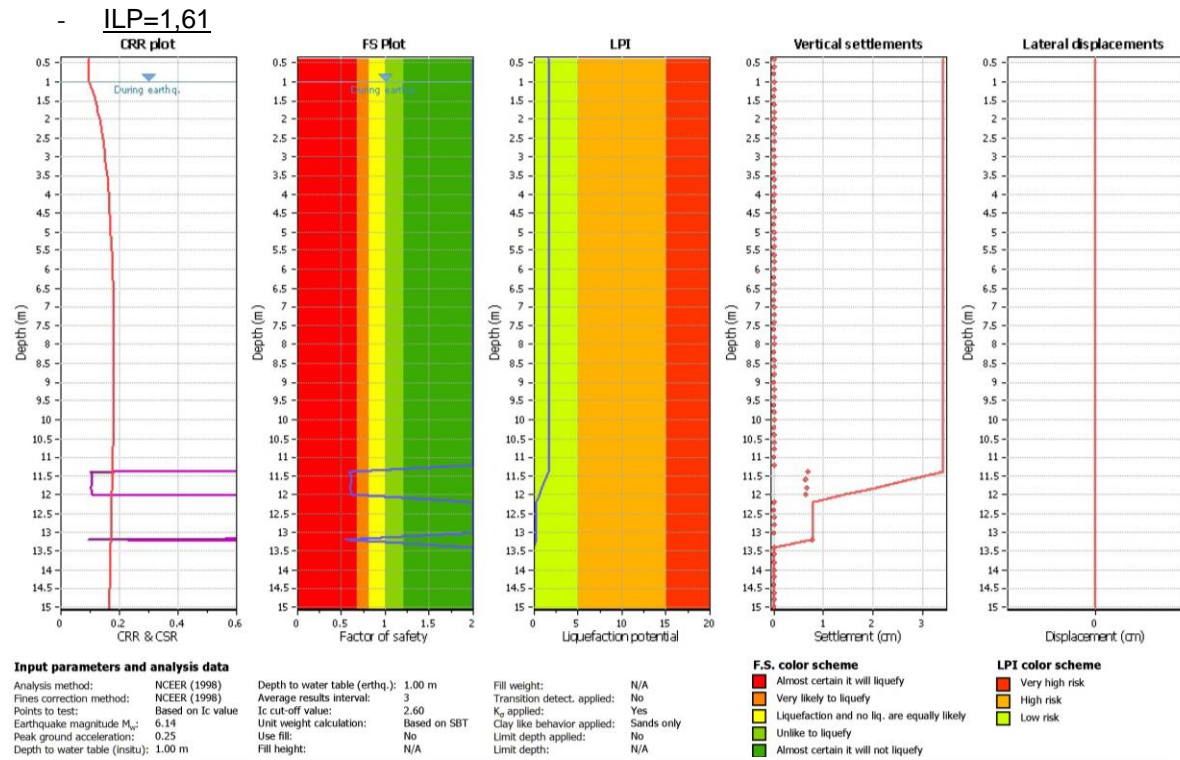
- LPI = 0 :Rischio di liquefazione è molto basso
- $0 < LPI \leq 5$:Rischio di liquefazione è basso
- $5 < LPI \leq 15$:Rischio di liquefazione è alto
- $LPI > 15$:Rischio di liquefazione è molto alto

La D.G.R. 467/2021, delibera di aggiornamento della D.G.R. 630/2019, in base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione IL si definisce le classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

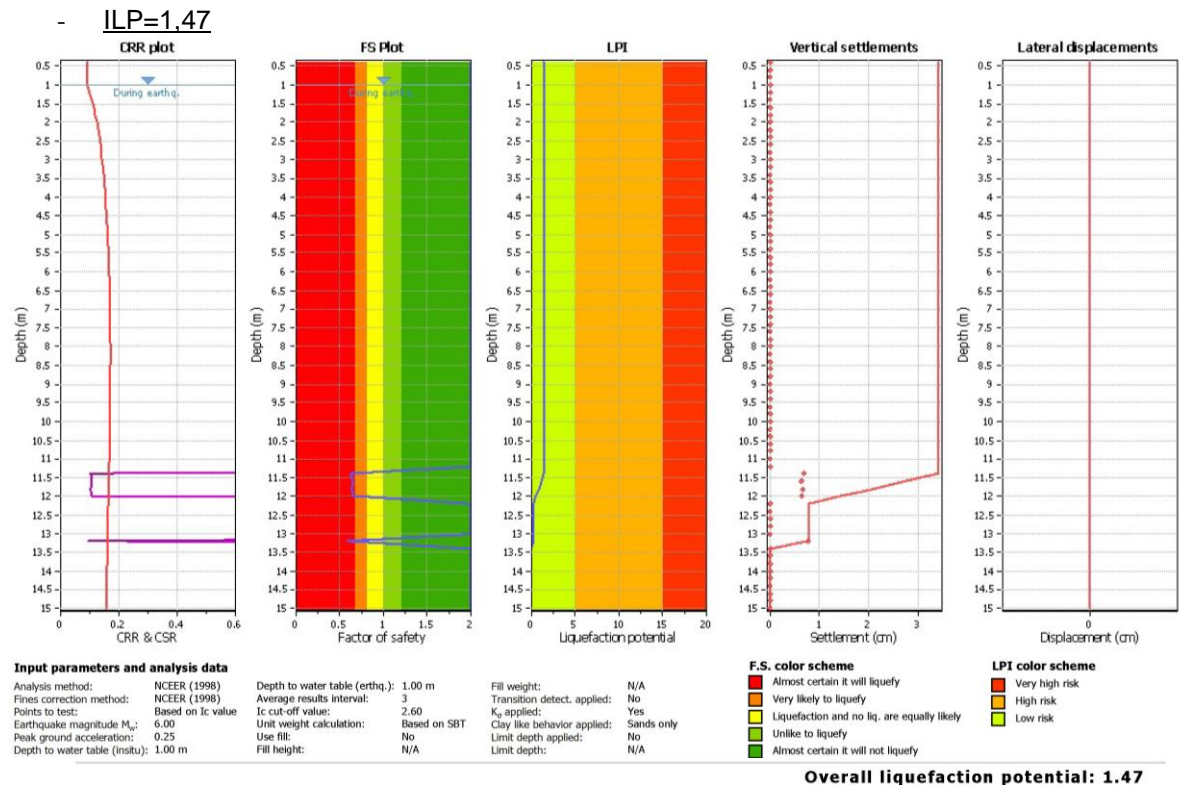
- IL = 0 Non liquefacibile ($FL \geq 1.2$)
- $0 < IL \leq 2$ Potenziale basso
- $2 < IL \leq 5$ Potenziale moderato
- $5 < IL \leq 15$ Potenziale alto
- $15 < IL$ Potenziale molto alto

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Per **M=6,14** ovvero per intensità comunque non rappresentativa in quando molto penalizzante, l'indice complessivo di liquefazione è da considerarsi basso in quanto:

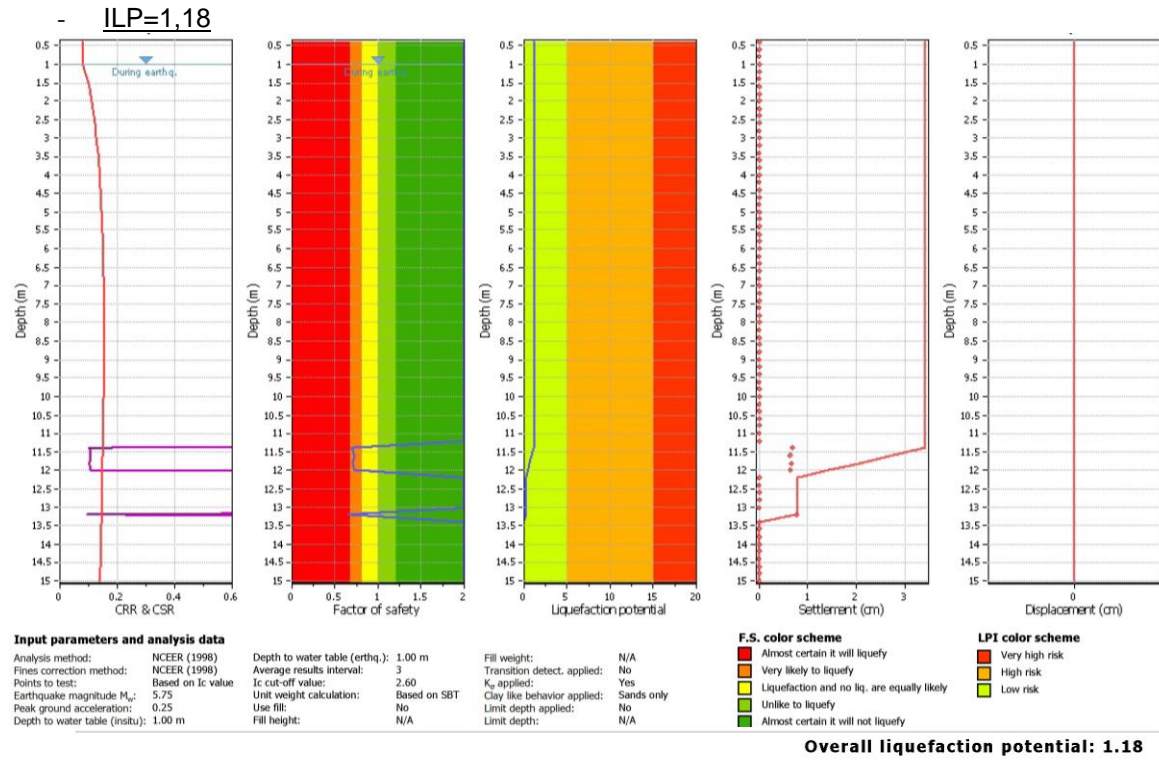


Per **M=6,00** ovvero per intensità comunque non rappresentativa in quando molto penalizzante, l'indice complessivo di liquefazione è da considerarsi basso in quanto:

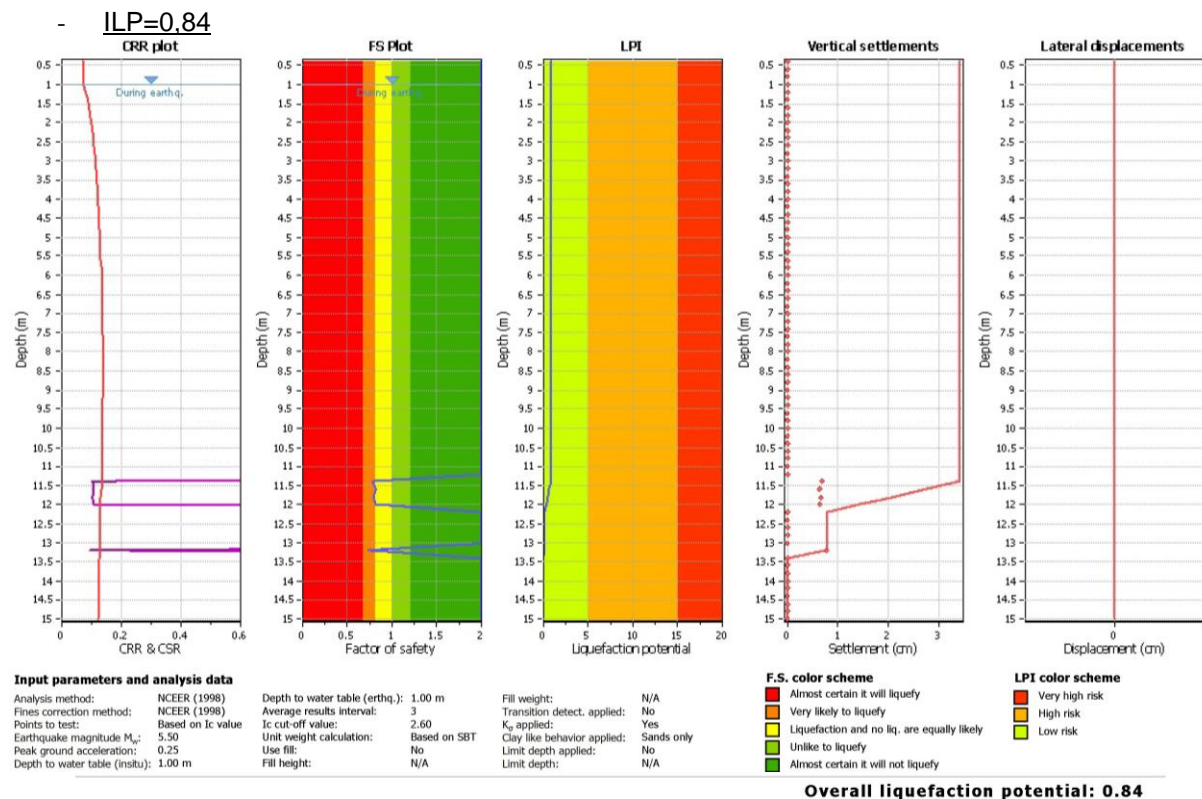


DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Per **M=5.75** l'indice complessivo di liquefazione è da considerarsi basso in quanto:

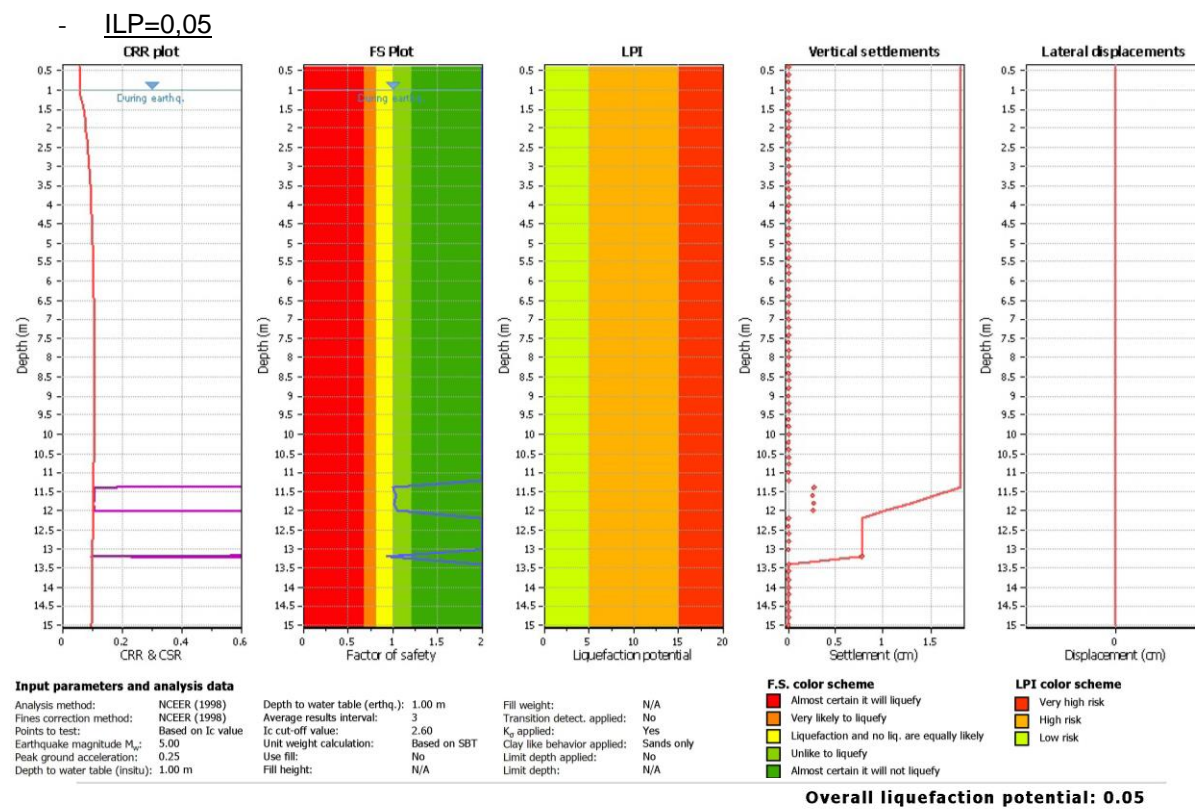


Per **M=5.50** l'indice complessivo di liquefazione ILP è da considerarsi basso in quanto:



DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Per **M=5,00** ovvero per intensità con maggior probabilità di accadimento, l'indice complessivo di liquefazione ILP è da considerarsi basso in quanto:



Si può concludere quanto segue:

1. Sulla scorta del Catalogo degli eventi sismici succedutisi in Italia fino ad oggi, si potrà invece rilevare come il Comune di Russi sia in realtà stato sottoposto ad eventi sismici di Magnitudo (Richter) **massima pari a 5,84** (1688) e che il valore di M avente localmente **maggiori probabilità di ripetersi è pari a 5,00**;
2. **Si osservi che essendo la scala di M logaritmica, il valore di 6,14 risulta quindi essere estremamente penalizzante**;
3. **È stata ipotizzata una profondità del livello della falda freatica a -1,00 m dal p.c. e quindi essere estremamente penalizzante**;
4. È stato dimezzato il valore di Fs al fine di assimilare la CPT alla CPTU (Smits F.P. 1982);
5. Gli unici spessori risultati potenzialmente liquefacibile sono ubicati oltre -11,00 m dal p.c.;
6. **Si ribadisce che Autori quali Crespellani, Sheriff, Ishibashi ed altri riportano che, per le energie sismiche attese per l'area in esame, uno spessore pari a circa cinque metri di materiale non liquefacibile sovrastante la lente granulare eventualmente liquefacibile, svolge un'azione di contrasto sufficiente a far sì che gli effetti di una eventuale liquefazione non vengano trasmessi alla superficie**;
7. **L'ILP (Indice di Potenziale Liquefazione, che sostanzialmente descrive il rischio locale) è definito BASSO per tutte le magnitudo considerate**;

DMO S.P.A.
PROCEDIMENTO UNICO PER AMPLIAMENTO AZIENDA ART. 53 L.R. 24/2017
IN VIA PIETRO RENZI IN COMUNE DI RUSSI (RA)
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA SISMICA E GEOTECNICA

Qui sotto viene inoltre riportato il Metodo di Sherif e Ishibashi (1978), fonte bibliografica di riferimento per le prime valutazioni sul tema della liquefazione che indicano che lo strato non è liquefacibile.

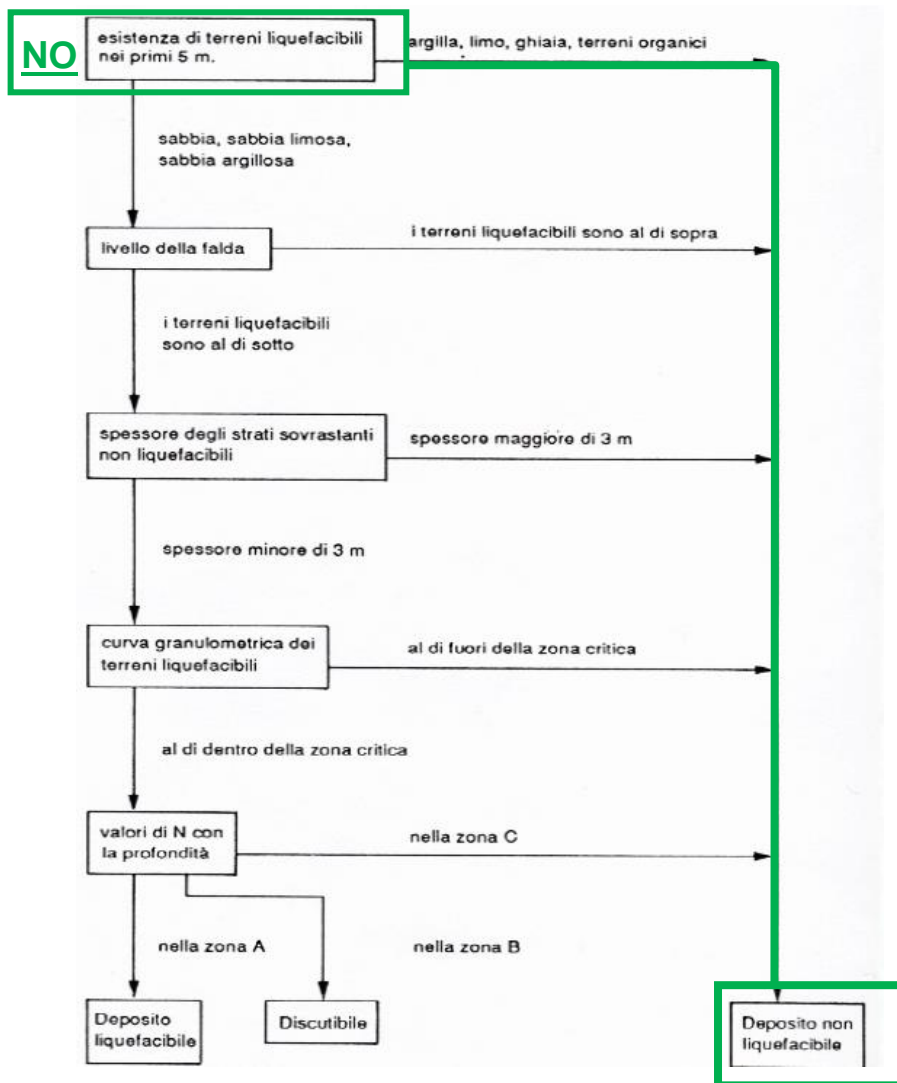


Figura 21 – Metodo Sherif-Ishibashi (1978) – Tabella A

Allegato 1
Ubicazione prove e restituzi-
zione grafica



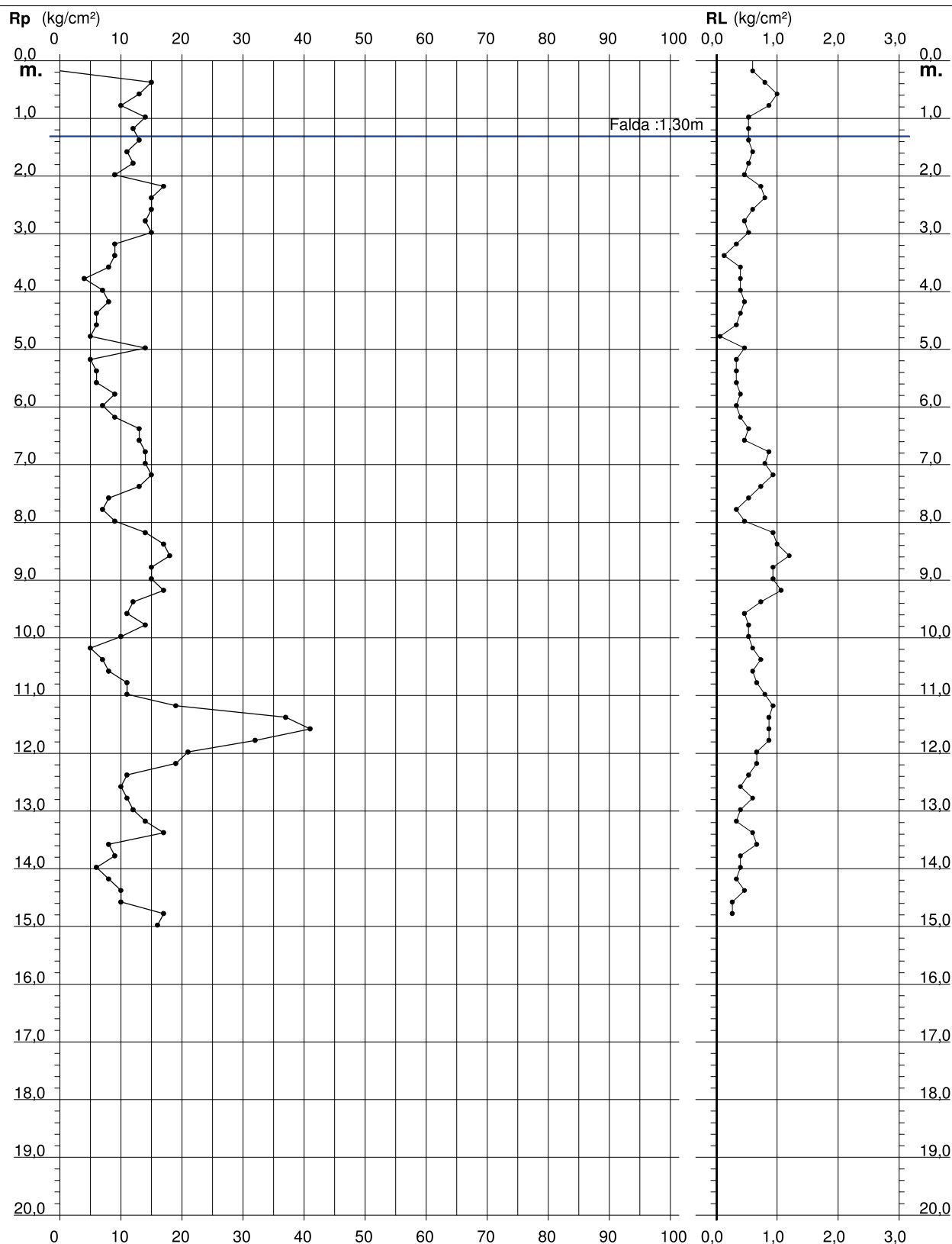
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-071

- proprietà : DMO S.p.A.
- lavoro : Ampliamento azienda art. 53 L.R. 24/2017
- località : Via Pietro Renzi - Russi (RA)

- data : 05/06/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-071

- proprietà : DMO S.p.A.
 - lavoro : Ampliamento azienda art. 53 L.R. 24/2017
 - località : Via Pietro Renzi - Russi (RA)

- data : 05/06/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,30 m da quota inizio

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	omy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	15	19	2////	1,85	0,07	0,67	98,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	13	13	2////	1,85	0,11	0,60	52,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	10	12	2////	1,85	0,15	0,50	28,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	14	26	2////	1,85	0,19	0,64	29,4	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	12	22	2////	1,85	0,22	0,57	20,5	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	13	24	2////	0,93	0,24	0,60	19,9	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	11	18	2////	0,91	0,26	0,54	15,6	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	12	22	2////	0,92	0,28	0,57	15,5	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	9	19	2////	0,88	0,29	0,45	10,7	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	17	23	2////	0,97	0,31	0,72	17,8	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	15	19	2////	0,95	0,33	0,67	14,9	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	15	25	2////	0,95	0,35	0,67	13,9	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	14	30	4/::	0,89	0,37	0,64	12,4	108	162	48	29	32	35	37	40	32	26	0,055	23	35	42	
3,00	15	28	2////	0,95	0,39	0,67	12,3	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	9	27	2////	0,88	0,41	0,45	7,1	101	152	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	9	67	4/::	0,85	0,42	0,45	6,8	108	161	38	10	29	32	36	39	28	26	0,021	15	23	27	
3,60	8	20	2////	0,86	0,44	0,40	5,6	119	179	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	4	10	1***	0,46	0,45	0,20	2,3	23	35	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	7	17	2////	0,84	0,47	0,35	4,4	130	195	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	8	17	2////	0,86	0,48	0,40	4,9	134	201	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	6	15	1***	0,46	0,49	0,30	3,4	27	40	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	6	18	2////	0,82	0,51	0,30	3,2	142	213	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	5	75	4/::	0,81	0,53	0,25	2,5	133	199	25	--	28	31	35	38	25	25	--	8	13	15	
5,00	14	30	4/::	0,89	0,54	0,64	7,6	132	198	48	19	31	34	36	40	29	26	0,037	23	35	42	
5,20	5	15	1***	0,46	0,55	0,25	2,3	29	43	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	6	18	2////	0,82	0,57	0,30	2,8	152	228	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	6	18	2////	0,82	0,59	0,30	2,7	154	232	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	9	22	2////	0,88	0,60	0,45	4,4	168	253	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	7	21	2////	0,84	0,62	0,35	3,1	171	256	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	9	22	2////	0,88	0,64	0,45	4,1	178	267	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	13	24	2////	0,93	0,66	0,60	5,7	176	265	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	13	28	2////	0,93	0,67	0,60	5,5	183	275	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	14	16	2////	0,94	0,69	0,64	5,6	187	280	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	14	17	2////	0,94	0,71	0,64	5,5	193	290	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	15	16	2////	0,95	0,73	0,67	5,6	197	296	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	13	18	2////	0,93	0,75	0,60	4,8	208	312	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	8	15	2////	0,86	0,77	0,40	2,8	204	306	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	7	21	2////	0,84	0,78	0,35	2,3	190	285	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	9	19	2////	0,88	0,80	0,45	3,1	220	330	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	14	15	2////	0,94	0,82	0,64	4,6	229	343	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	17	17	2////	0,97	0,84	0,72	5,2	230	345	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	18	15	2////	0,98	0,86	0,75	5,3	235	352	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	15	16	2////	0,95	0,88	0,67	4,4	245	368	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	15	16	2////	0,95	0,90	0,67	4,3	251	376	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	17	16	2////	0,97	0,92	0,72	4,7	255	382	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	12	16	2////	0,92	0,94	0,57	3,4	263	394	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	11	24	2////	0,91	0,95	0,54	3,1	262	393	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	14	26	2////	0,94	0,97	0,64	3,7	274	411	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	10	19	2////	0,90	0,99	0,50	2,7	259	389	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	5	8	1***	0,46	1,00	0,25	1,1	32	49	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	7	10	1***	0,46	1,01	0,35	1,7	44	65	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	8	13	2////	0,86	1,03	0,40	1,9	225	338	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	11	16	2////	0,91	1,04	0,54	2,7	276	414	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	11	14	2////	0,91	1,06	0,54	2,7	278	417	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	19	20	2////	0,99	1,08	0,78	4,1	302	453	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	37	43	3:..:	0,89	1,10	--	--	--	--	--	35	33	36	38	41	31	30	0,070	62	93	111	
11,60	41	47	3:..:	0,90	1,12	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	31	30	0,077	68	103	123	
11,80	32	37	3:..:	0,88	1,14	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	30	29	0,057	53	80	96	
12,00	21	31	3:..:	0,85	1,15	--	--	--	--	--	15	30	33	36	39	27	27	0,029	35	53	63	
12,20	19	28	2////	0,99	1,17	0,78	3,7	331	496	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	11	21	2////	0,91	1,19	0,54	2,3	291	436	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	10	25	2////	0,90	1,21	0,50	2,1	278	417	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	11	18	2////	0,91	1,23	0,54	2,2	293	440	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	12	30	4/::	0,88	1,24	0,57	2,4	308	461	45	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	36	
13,20	14	42	4/::	0,89	1,26	0,64	2,7	330	495	48	--	28	31	35	38	25	26	--	23	35	42	
13,40	17	28	2////	0,97	1,28	0,72	3,1	353	529	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,60	8	12	2////	0,86	1,30	0,40	1,4	234	351	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,80	9	22	2////	0,88	1,32	0,45	1,6	260	390	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,00	6	15	1***	0,46	1,33	0,30	1,0	39	59	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,20	8	24	2////	0,86	1,34	0,40	1,4	235	353	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,40	10	21	2////	0,90	1,36	0,50	1,8	285	428	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,60	10	37	4/::	0,86	1,38	0,50	1,8	286	429	40	--	28	31	35	38	25	26	--	17	25	30	
14,80	17	64	4/::	0,91	1,40	0,72	2,8	370	555	54	3	28	32	35	38	25	27	0,007	28	43	51	
15,00	16	--	4/::	0,90	1,41	0,70	2															

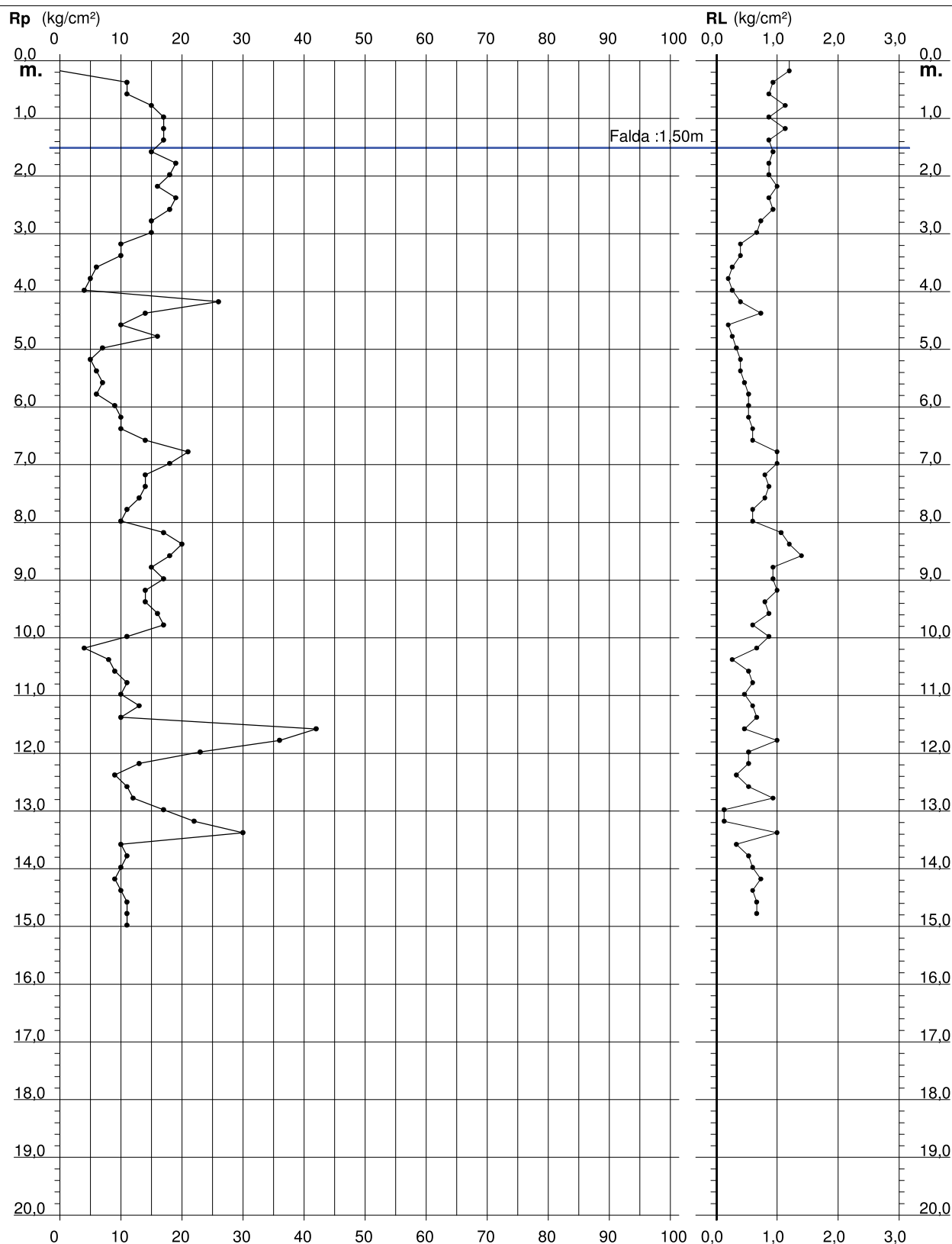
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-071

- proprietà : DMO S.p.A.
- lavoro : Ampliamento azienda art. 53 L.R. 24/2017
- località : Via Pietro Renzi - Russi (RA)

- data : 05/06/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio



Allegato 2
Indagine tromografica

DMO S.p.A. – Via Pietro Renzi – Russi (RA)

Strumento: TZ3-0045/02-17

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 29/05/2023 11:29:48 Fine registrazione: 29/05/2023 11:49:48

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 85% tracciato (selezione automatica)

Freq. campionamento: 128 Hz

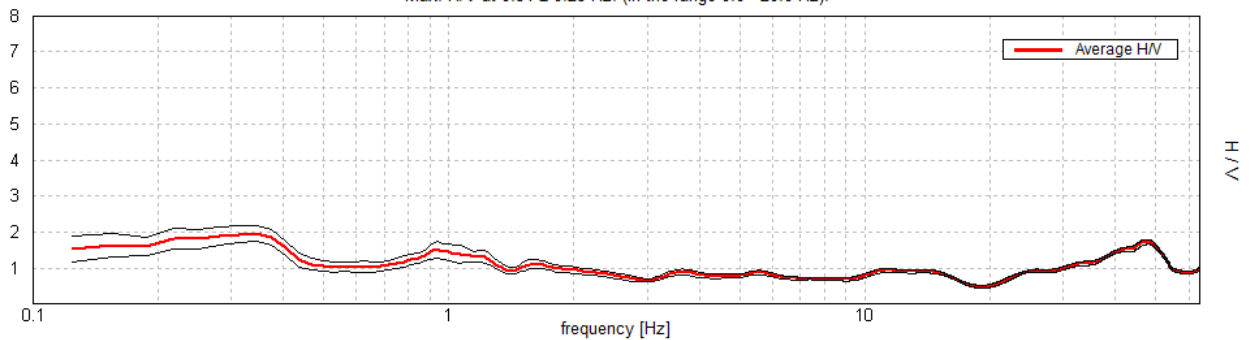
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

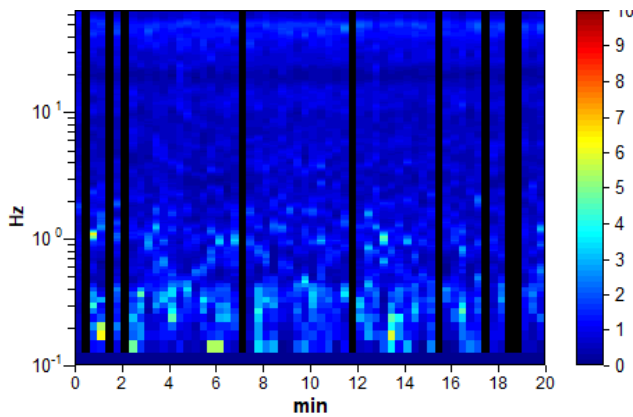
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

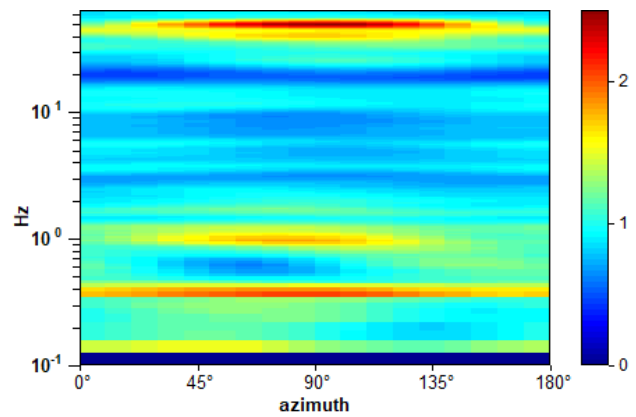
Max. H/V at 0.34 ± 0.23 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



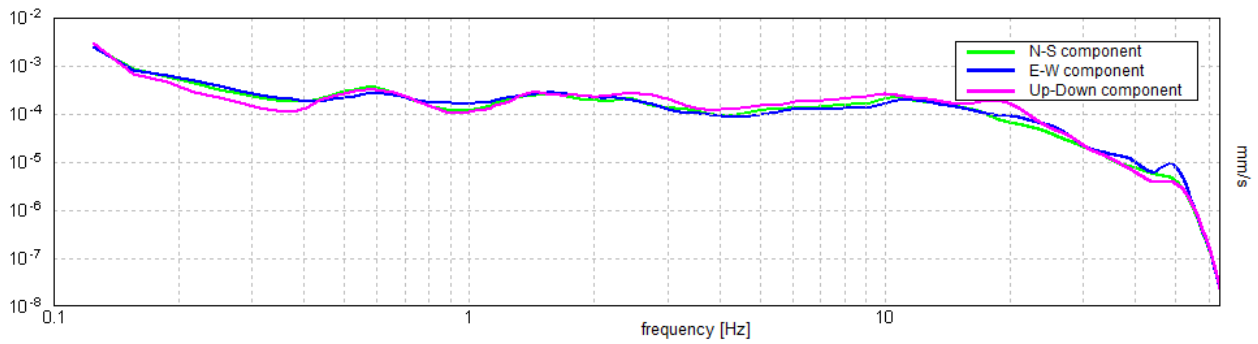
SERIE TEMPORALE H/V



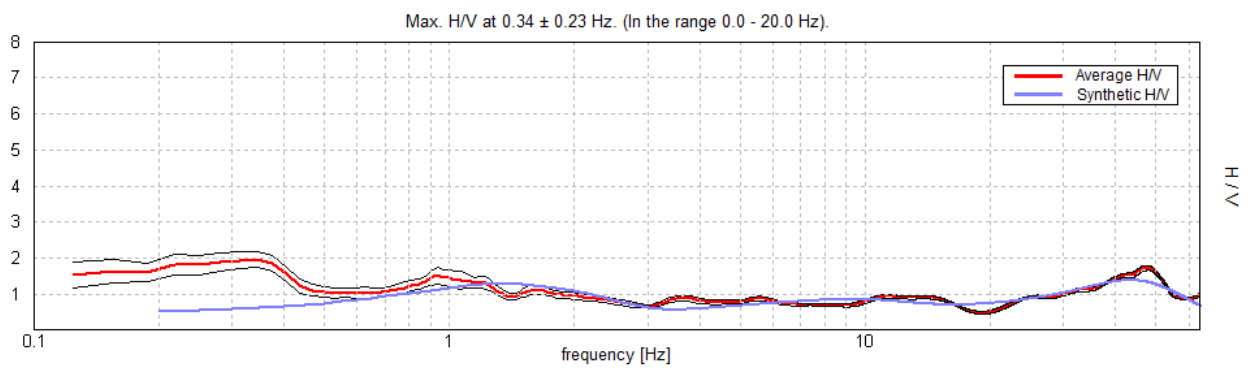
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

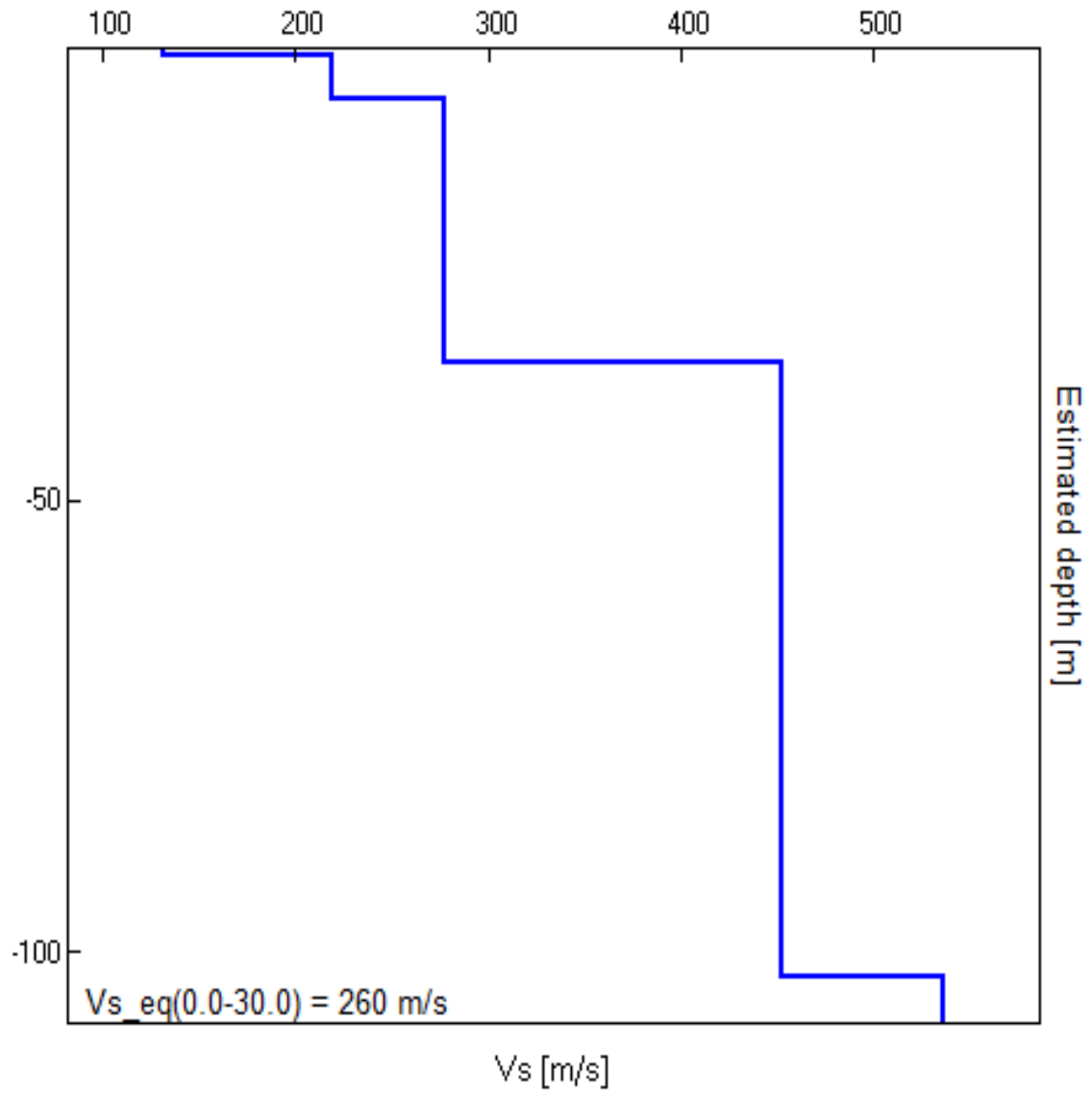


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	132	0.45
5.70	5.00	219	0.42
34.70	29.00	278	0.38
102.70	68.00	453	0.45
inf.	inf.	536	0.45

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 260 \text{ m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 0.34 ± 0.23 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.34 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$350.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 17	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.96 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.66342 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.22805 < 0.06875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2317 < 2.5$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20