Comune di Medesano
Provincia di Parma

Committente

Comune di Medesano
Piazza Marconi, 6
43014 Medesano (PR)

Oggetto

Adeguamento sismico e riqualificazione del capannone posto in Via delle Milane a Medesano e denominato "Nuova sede della Protezione Civile di Medesano".
SECONDO STRALCIO FUNZIONALE di completamento

CUP: H21B21001170005

ELABORATO **S.5.1**	*SERIE ELABORATI* PROGETTO ESECUTIVO	*DATI GENERALI* *file* S.5.1 - RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA.pdf *luogo e data* Parma, 23 settembre 2024 *collaboratori* Ing. Letizia Villa *timbro e firma* **IL PROGETTISTA E DIRETTORE DEI LAVORI** Ing. Alessandro Zaccarini
SCALA --	*TITOLO ELABORATO* **Relazioni specialistiche** Relazione geologica-geotecnica (Dott. Geol. Alberto Trivioli)	

REVISIONI		
1	__ / __ / ____	
2	__ / __ / ____	
3	__ / __ / ____	
4	__ / __ / ____	

Ing. Alessandro Zaccarini
ingegnere civile
Uffici Via Martiri Liberazione 36 - 43126 Parma • Sede Via Tiziano Vecellio 12 - 43124 Parma
Tel 0521 983977 • Cell 340 7007607 • email info@alessandrozaccarini.com • PEC alessandro.zaccarini@ingpec.eu
Albo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 1758A • C.F. ZCC LSN 72T11 G337D • P.IVA 02633040346

(C.203-21)

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI MEDESANO

ADEGUAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO CAPANNONE FUTURA SEDE PROTEZIONE CIVILE IN STRADA DELLE MILANE

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA (NTC-2018)

NOVEMBRE 2021

COMMITTENTE:

Comune di Medesano
Provincia di Parma



Studio di Geologia
Dott. Alberto Trivioli
Geologo

Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 - Fax: 0521/230760
E-mail: geoltriv@gmail.com

in collaborazione con: ***Ambiente e Territorio S.r.l.***

@T Ambiente e Territorio Srl

INDICE

1 – PREMESSA 2
1.1 - PRINCIPALI REFERENZE BIBLIOGRAFICHE 4
2 - RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA (caratterizzazione e modellazione geologica e sismica del sito) 6
2.1 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE 6
2.2 - MORFOLOGIA 6
2.3 - PERICOLOSITA' E RISCHIO ALLUVIONE 8
2.4 - GEOLOGIA 9
2.5 – IDROGEOLOGIA 15
2.6 - GEOMORFOLOGIA 16
2.7 - SISMICITA' 19
3 - RELAZIONE GEOTECNICA (indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica) 32
3.1 - METODOLOGIE DELLE PROVE IN SITO 33
3.2 - STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE 38
3.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE 40
3.4 - MICROZONAZIONE SISMICA, STIMA DELLE VS30 E VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE 41
3.5 – FREQUENZA FONDAMENTALE DEI TERRENI 50
3.6 – MICROZONAZIONE SISMICA – ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE R.S.L. APPROFONDIMENTO DI SECONDO LIVELLO DEL COMUNE DI MEDESANO 51
3.7 – MICROZONAZIONE SISMICA – ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (R.S.L.) - APPROFONDIMENTO DI TERZO LIVELLO 52
3.7.1 - Modello geologico del sottosuolo 53
3.7.2- Curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping 54
3.7.3- Definizione del moto di input 55
3.7.4- Risultati dell'analisi di risposta sismica locale 60
3.7.5 – Riepilogo risultati studio di "RSL" 68
3.8 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE 69
4 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 74

ALLEGATI:

1. UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
2. PROVE PENETROMETRICHE
3. SISMICA ATTIVA – MASW
4. SISMICA PASSIVA – HVSR
5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE
6. TABULATI SPETTRI DI RISPOSTA DI OUTPUT RSL

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

1 – PREMESSA

La presente relazione geologica-geotecnica-sismica, per conto del Comune di Medesano, concerne i risultati delle indagini geognostiche, lo studio geologico-sismico, la stima dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione interessati dal progetto di adeguamento sismico dell'edificio capannone sede della futura Protezione Civile in Strada delle Milane in comune di Medesano (PR).

La presente relazione concerne altresì la definizione della Risposta Sismica Locale, con analisi sismica di 3° livello, dei terreni di fondazione.

Lo studio e le indagini geologico-geotecnico-sismiche, nelle loro fasi di attuazione, sono stati eseguiti con particolare attenzione alle prescrizioni previste dalle norme specifiche vigenti in materia di opere di fondazione (D. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" – NTC-2018).

In accordo con la normativa si è provveduto ad effettuare la caratterizzazione e modellazione geologica del sito e, in base all'intervento in progetto, l'esecuzione delle indagini geotecniche, la successiva caratterizzazione sismica delle litologie presenti nel volume significativo di terreno e la definizione dei modelli sismo-stratigrafici e geotecnici del sottosuolo.

In zone limitrofe sono presenti edifici che esercitano carichi statici confrontabili o superiori. Per addivenire ad una maggiore conoscenza dei luoghi (in particolare per creare la modellazione geotecnica e sismica del sito), è stata eseguita una campagna geognostica in situ, effettuata nei mesi di ottobre-novembre 2021, mediante prove penetrometriche statiche e

dinamiche, per la stima dei parametri geomeccanici, e mediante prospezioni geofisiche del tipo di sismica attiva MASW, per la stima della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs, e di sismica passiva H/V per la determinazione della frequenza di risonanza dei terreni.

I dati sono stati integrati con quelli derivanti dalla letteratura e dalla cartografia tematica ufficiale esistenti.

Le considerazioni geologiche di cui al presente elaborato ed in particolare quelle in merito agli aspetti relativi alla parametrizzazione dei terreni di fondazione sono riferite alla quota dell'attuale piano campagna, a partire dal quale sono state effettuate le relative indagini geognostiche.

In fase d'esecuzione degli scavi per la realizzazione di eventuali corpi fondazionali o consolidamenti si prescrive di verificare, mediante supervisione geologica, le considerazioni di natura geologico-geotecnica assunte in questo elaborato.

Il presente elaborato fornisce una schematizzazione del terreno di fondazione di tipo litologico-stratigrafico e sismico e delle sue caratteristiche geotecniche per consentire ai progettisti delle strutture di dimensionare le opere di fondazione.

Il territorio oggetto di intervento ricade nel Comune di Medesano, classificato a bassa sismicità (Zona 3) ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell'8-5-2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Da indicazioni ricevute dalla committenza, la classe d'uso delle strutture in progetto rientra nella classe IV con vita nominale VN di 100 anni, caratteristica di "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità" con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche.

La caratterizzazione e la modellazione geologica e sismica del sito sono esposte nella Relazione Geologica (Cap.2); le indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica sono esposte nella Relazione Geotecnica (Cap.3).

1.1 - PRINCIPALI REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), Foglio 73 – Parma;
- Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) "Note Illustrative del Foglio 73" – PARMA - F. Medioli, G. Papani, F. Petrucci, S. Venzo (1967). Servizio Geologico d'Italia.
- Carta Tecnica Regionale;
- Studio di microzonazione sismica di II livello del Comune di Medesano (2018) – Ambiter Srl;



Immagine aerea panoramica dell'area in oggetto



Immagine aerea di dettaglio dell'area in oggetto

2 - RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA (caratterizzazione e modellazione geologica e sismica del sito)

2.1 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in oggetto è ubicata in località le Milane/Cornaccina, lungo Strada delle Milane a nord-ovest del capoluogo comunale, all'interno di una zona urbanizzata in comune di Medesano (PR).

2.2 - MORFOLOGIA

L'edificio (capannone) è ubicato sul primo rilievo collinare che si raccorda con il fondo valle mediante scarpate a media acclività, in sinistra idrografica del Fiume Taro ed in destra idrografica del Torrente Rovacchia, che costituiscono gli assi di drenaggio principale.

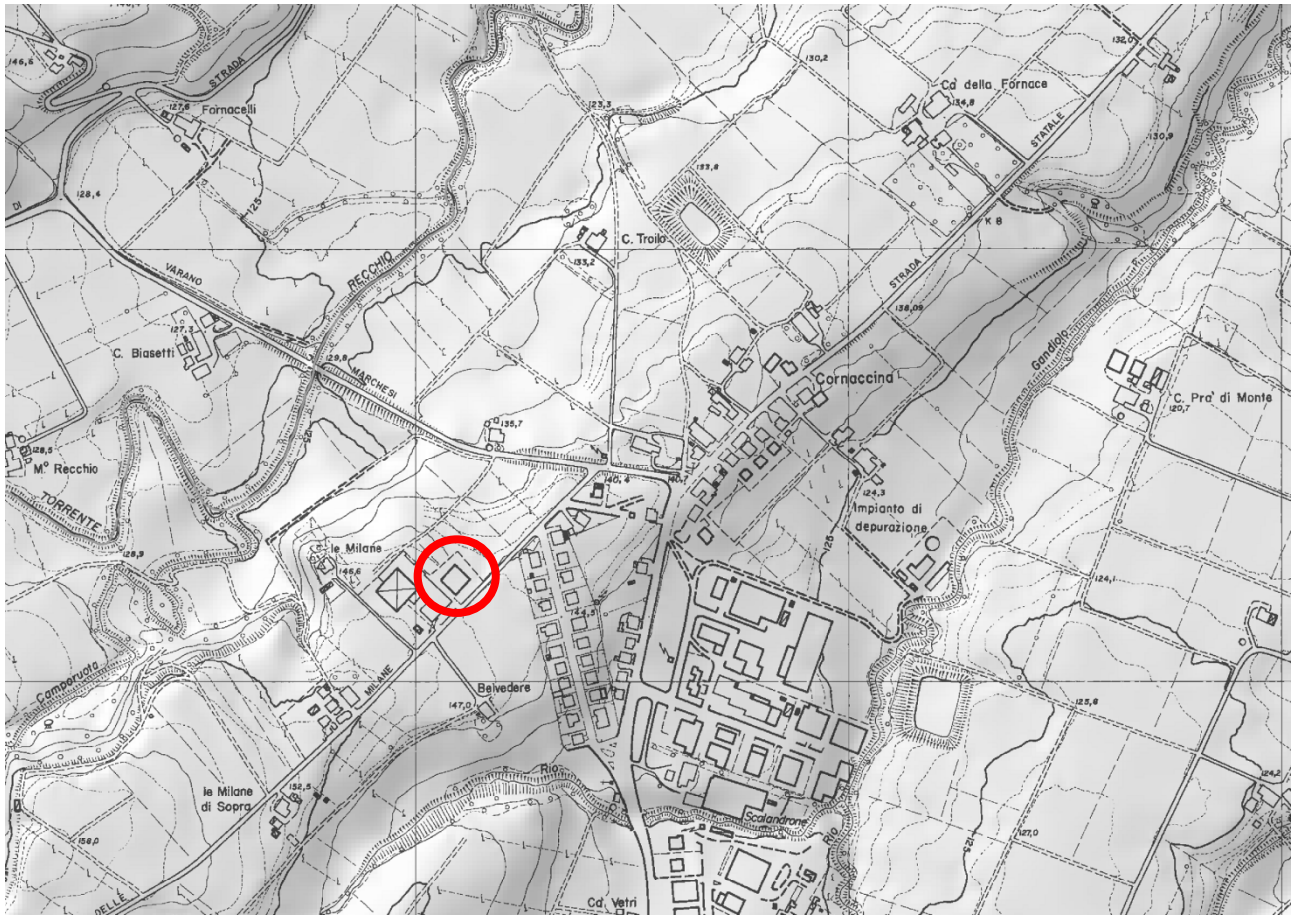
L'edificio insiste su di un pianoro sub-pianeggiante (terrazzamento), che si eleva alcune decine di metri rispetto alla piana fluviale del fondo valle e più precisamente ad una quota di 146 m circa s.l.m, ad una decina di di metri dall'orlo di scarpata. I terreni in questione presentano un grado di erodibilità superficiale potenziale assente o quasi assente in quanto trattasi di un'area parzialmente urbanizzata con presenza di edifici a monte e a valle dell'area di studio.

L'edificio insiste su dei depositi eluvio-colluviali e depositi terrazzati, stabili da un punto di vista gravitativo, parzialmente rimodellati antropicamente per rendere la superficie di sedime pianeggiante.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Non si sono rilevati ristagni d'acqua superficiali o altri problemi connessi al naturale smaltimento delle acque meteoriche.

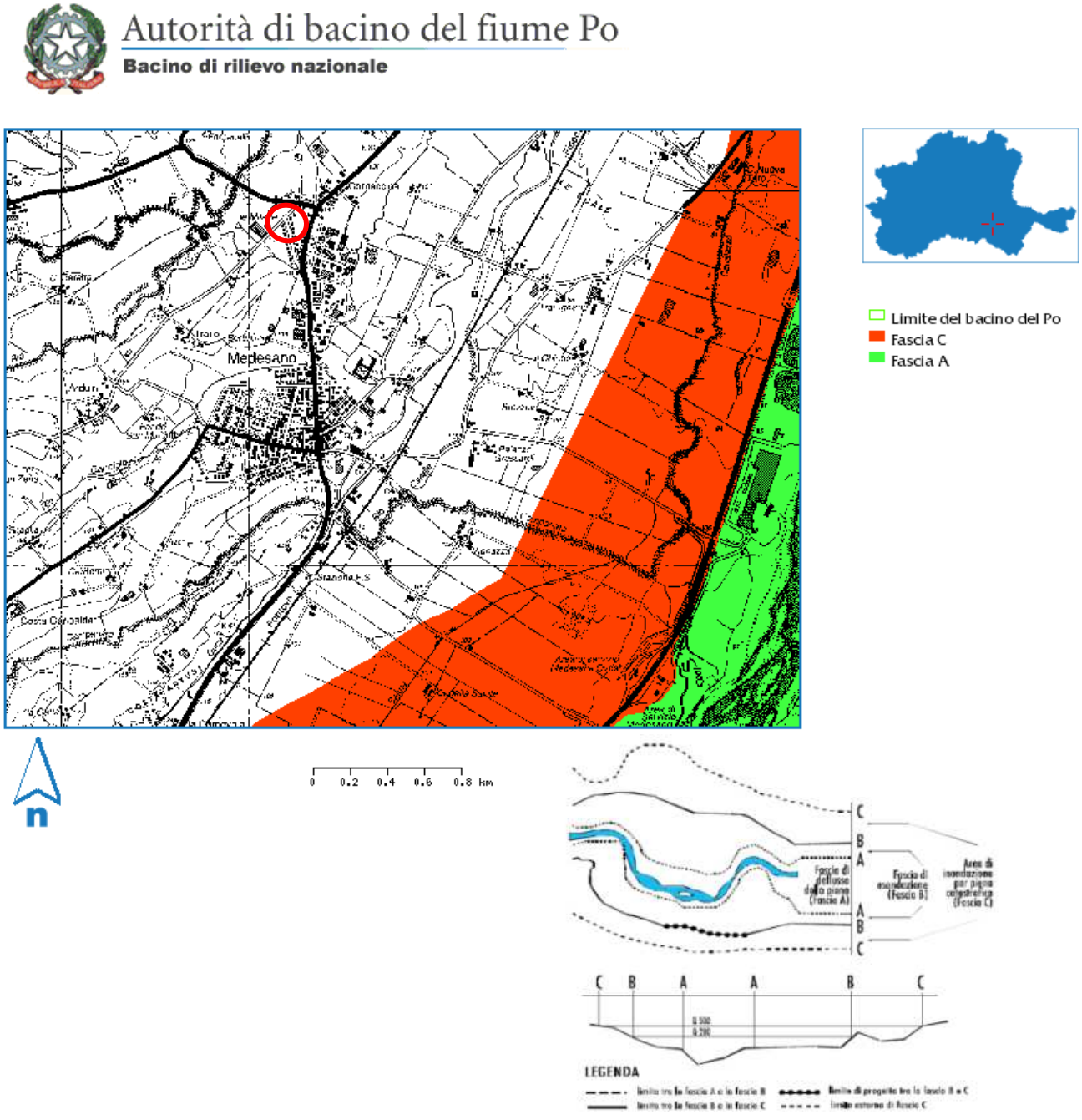


Stralcio dell'elemento 199020 della CTR

2.3 - PERICOLOSITA' E RISCHIO ALLUVIONE

L'idrografia superficiale principale è localmente rappresentata dal Fiume Taro.

Dalla consultazione della Cartografia redatta dall'autorità di Bacino del Fiume Po risulta che l'area ricade esternamente alla fascia "C" del Piano per l'assetto idrogeologico (P.A.I.); la Fascia C di inondazione per piena catastrofica.

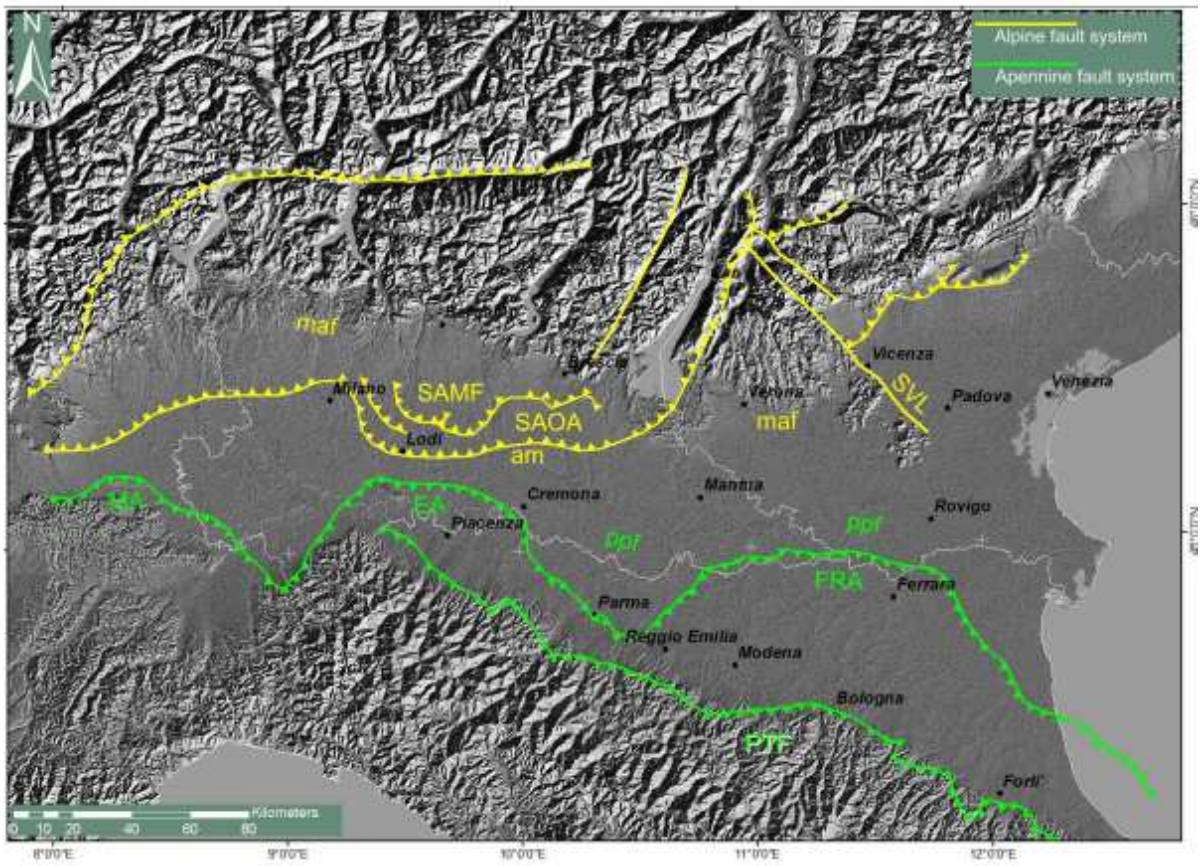


Stralcio del Piano di bacino idrografico con evidenziata l'area in oggetto

2.4 - GEOLOGIA

La zona insiste al margine dell'avanfossa padana che rappresentava il depocentro del bacino sedimentario (Vannoli et al., 2015).

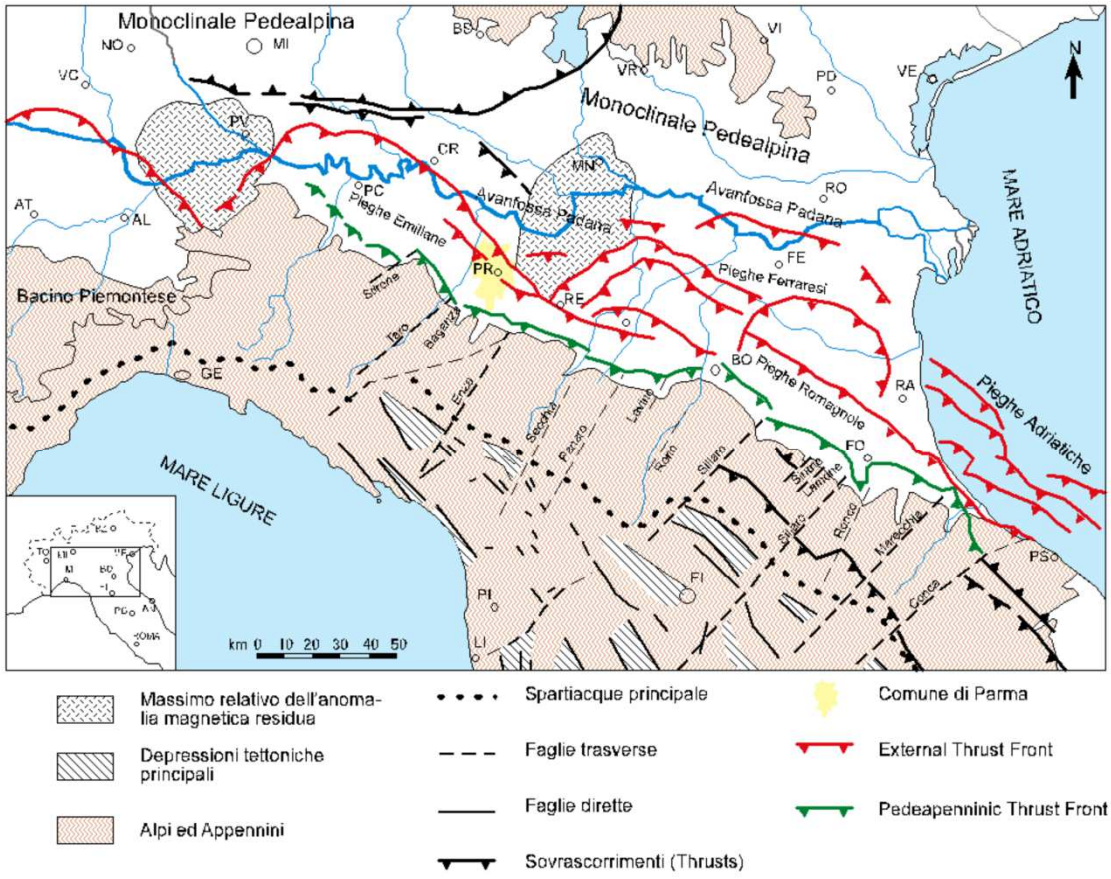
Il sistema strutturale del margine padano meridionale rappresenta l'effetto della collisione tra la microplacca dell'Appenninico Settentrionale e la microplacca Adriatica con una parziale subduzione di quest'ultima al disotto della prima. Questa collisione si è verificata nell'ambito della più grande convergenza tra la placca africana e quella euroasiatica.

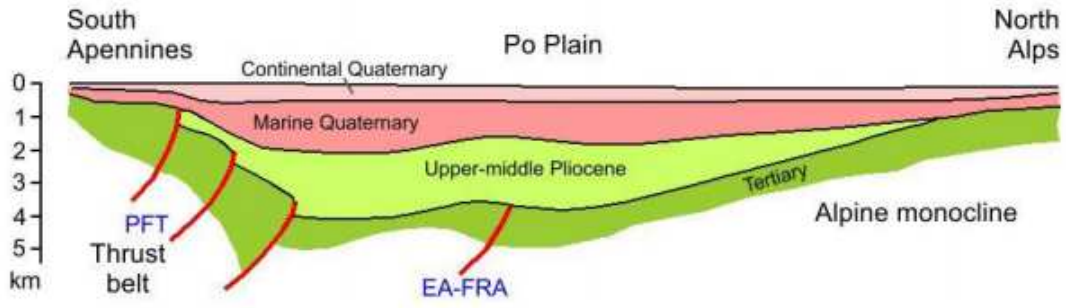


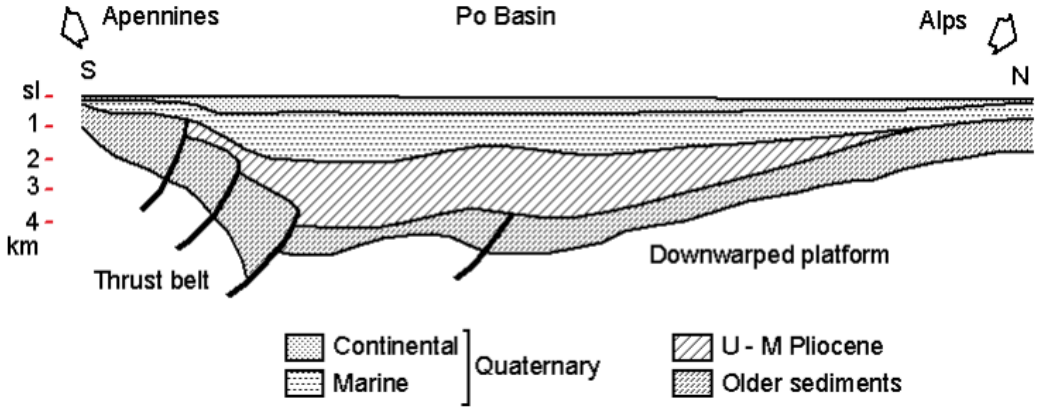
Schema strutturale della Pianura Padana. Lo strutture del sistema appenninico e del sistema alpino sono evidenziate rispettivamente in verde e in giallo Parma (modificato da Vannoli et al., 2015). PFT: sistema di sovrascorrimento pedeappenninico; MA, EA e FRA: archi dei sovrascorrimenti avanzati; ppf: avanfossa padana; SAMF: fronte alpino; SAOA: archi esterni delle Alpi Meridionali.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

Ambiente e Territorio Srl





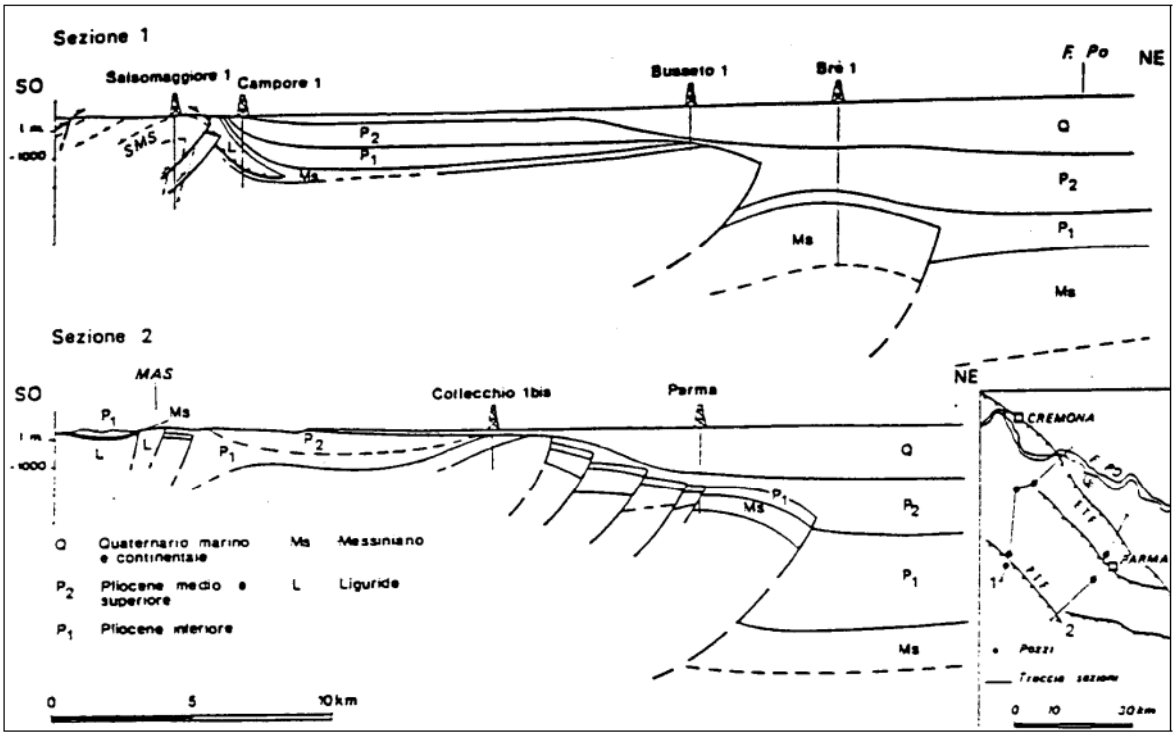


Sezione strutturale schematica della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1981)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

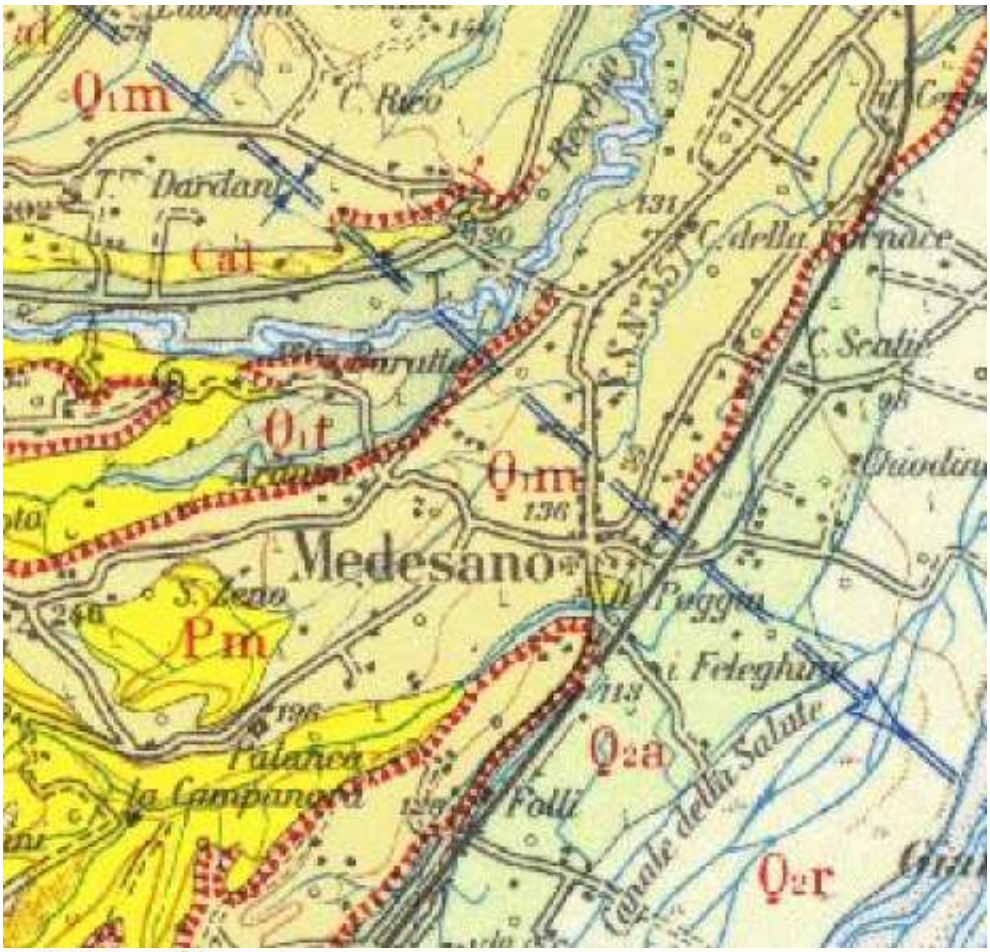
Dal punto di vista tettonico dalle cartografie è segnalata la presenza di estesi fronti di accavallamento identificabili in faglie che interessano soprattutto il substrato terziario (External Thrust Front e Pedeappenninic Thrust Front).

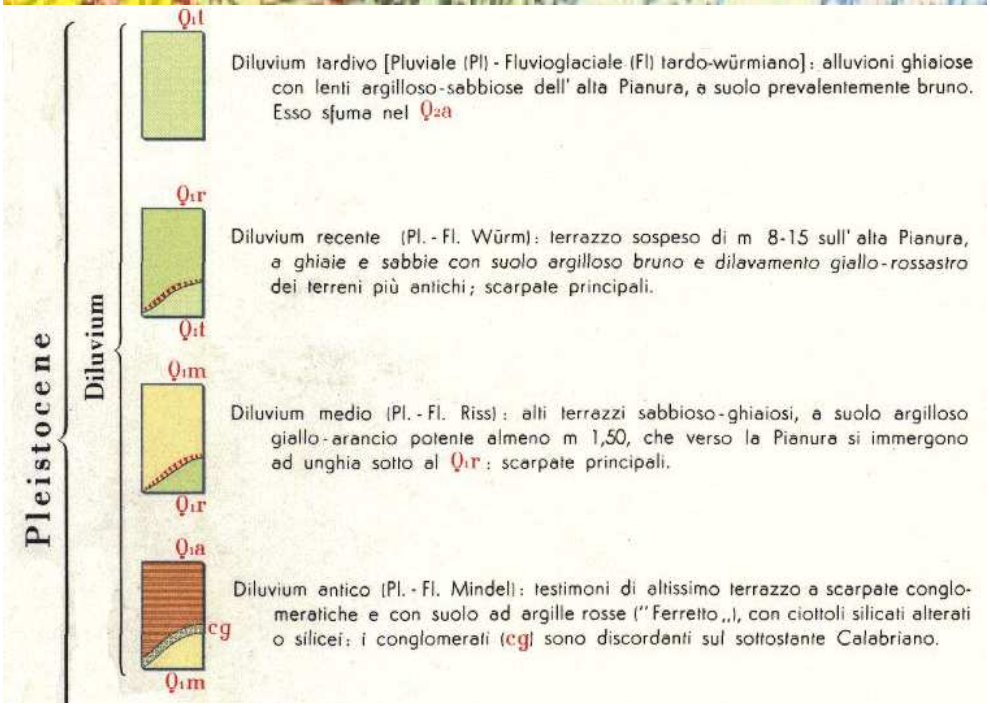


Dal punto di vista geologico, l'area è situata sul "Diluvium medio" Q1m (secondo la terminologia della Carta Geologica d'Italia 1:100.000).

Si tratta di alluvioni pleistoceniche costituenti gli alti terrazzi sabbioso-ghiaiosi che si immergono ad unghia sotto le alluvioni tardive dell'alata pianura.

Il bedrock sismico si trova a poche decine di metri al di sotto delle coperture, in corrispondenza del limite stratigrafico Pliocene-Quaternario.





Stralcio della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) Foglio 73 – "Parma"

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

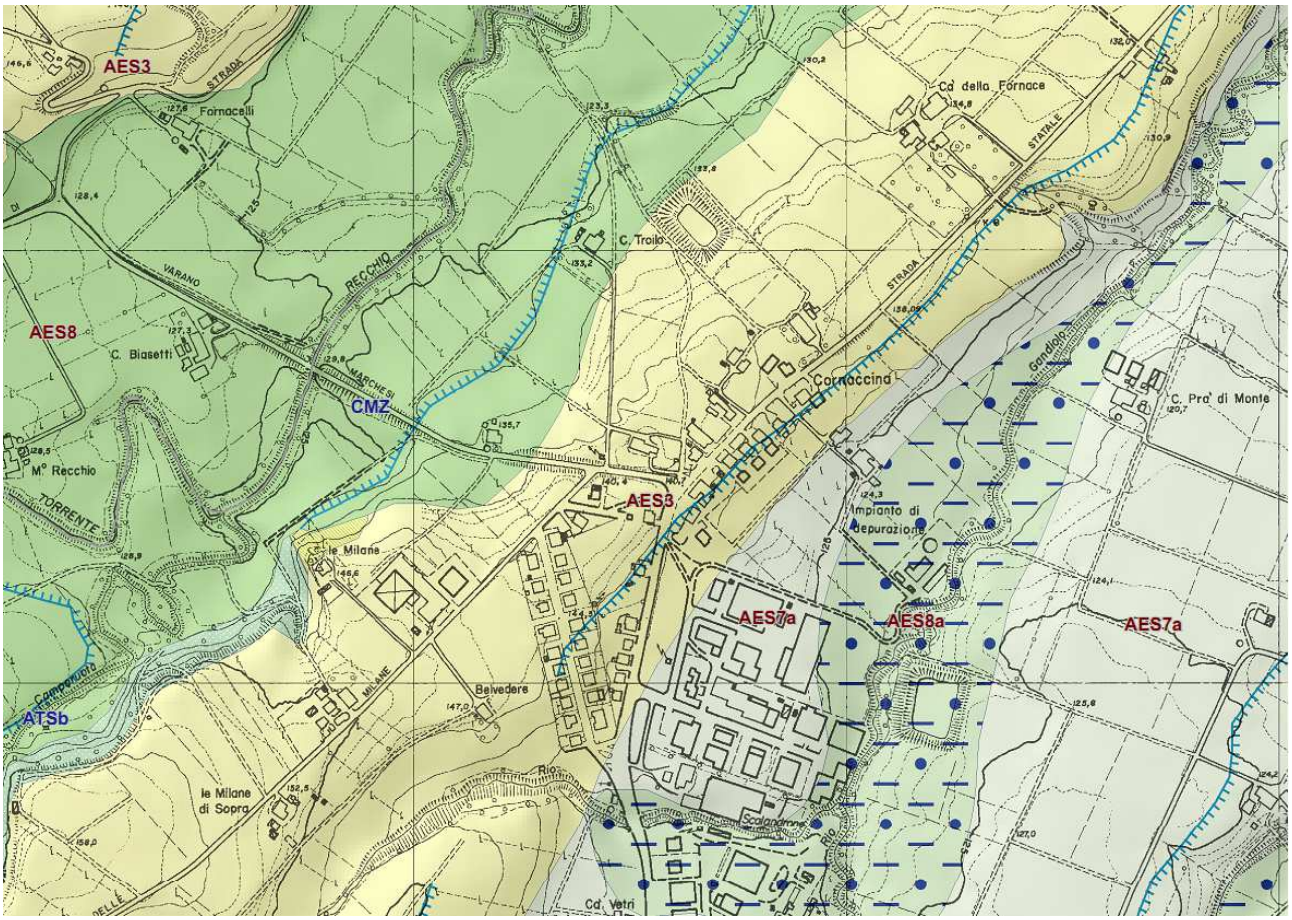
Nella carta geologica di maggior dettaglio realizzata dalla Regione Emilia Romagna (progetto CARG), nella zona affiorano terreni riferibili a depositi alluvionali e fluvio-glaciali appartenenti alla successione neogenico-quaternaria del margine appenninico padano denominato "Sintema Emiliano Romagnolo Superiore": in particolare affiorano i terreni appartenenti al Subsintema di Agazzano (AES3) (Pleistocene madio) descritta in dettaglio successivamente.

Subsintema di Agazzano

Ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti: depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa; sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie, localmente stratificati: depositi di interconoide. I depositi intravallivi sono generalmente costituiti da un intervallo basale con ghiaie prevalenti, sovrastato da un intervallo fine, limoso-argilloso. I depositi di conoide ghiaiosa, distali, invece, presentano comunemente un livello fine di spessore metrico alla base dell'unità. In sinistra idrografica del F. Taro e del T. Baganza e in destra Taro, si distinguono due depositi terrazzati separati da una scarpata erosiva di altezza decametrica. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 6-7 m di profondità. Alla sommità dell'intervallo fine delle aree terrazzate si rinvengono manufatti del Paleolitico medio. Il contatto di base è erosivo e discordante. Spessore variabile da alcuni metri a 55 metri circa (nel sottosuolo della pianura).

I depositi alluvionali in oggetto sono dotati di buone caratteristiche geomeccaniche, ovverosia di medio-elevati valori dei parametri di resistenza al taglio ed medio-elevati valori dei moduli di deformabilità: tali caratteristiche geomeccaniche conferiscono al territorio in oggetto un buon grado di stabilità geomorfologica.

I sopralluoghi effettuati non hanno messo in evidenza fenomeni di instabilità del terreno: ciò è confermato dagli edifici esistenti, che non mostrano lesioni o altri indizi di incompatibilità tra le strutture in elevazione e la portanza del terreno.



Carta geologica-geomorfologica (CARG)

2.5 – IDROGEOLOGIA

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico, questo è strettamente connesso alle caratteristiche di permeabilità che competono alle differenti litologie presenti. Infatti in presenza di terreni fini coesivi e semicoesivi (limi s.l.) caratterizzati da ridotte caratteristiche di permeabilità non si crea una vera e propria circolazione di acque ipogee (falda) all'interno dei terreni stessi; le acque ipogee si concentrano e defluiscono per lo più verso valle all'interno dei livelli granulari (sabbie e ghiaie s.l.) posti in profondità.

La falda si trova solitamente ad una profondità di 6-7 m dal p.c.

Non si esclude tuttavia che a seguito di eventi di precipitazione meteorica prolungati e/o di particolare intensità si instauri, a seguito di percolazioni e infiltrazioni da parte delle acque superficiali, una falda temporanea, anche di tipo sospeso, in corrispondenza di locali contrasti di permeabilità dei terreni alluvionali ed interferenti con il bulbo di pressione indotto dalle fondazioni stesse.

Sempre a seguito di eventi meteorici intensi e prolungati ed in occasione dello scioglimento delle nevi si potranno verificare piccole falde sospese a regime temporaneo in corrispondenza di locali contrasti di permeabilità in dipendenza di afflussi diretti dalla superficie.

Nel corso delle indagini (novembre 2021) è stata rinvenuta la falda alle profondità di 6-7 m dal p.c..

2.6 - GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geomorfologico, strettamente connesso con la natura litologica dei litotipi presenti nella zona, è il fenomeno dei movimenti gravitativi superficiali (frane) che si manifestano solitamente in seguito ad eventi piovosi di particolare intensità.

I fenomeni franosi presenti nel territorio comunale interessano principalmente la coltre detritica eluvio-colluviale.

La coltre detritica appesantita dalle acque di precipitazione meteorica e dalle acque ipogee si rende instabile sotto il proprio peso a causa soprattutto di un cattivo drenaggio da parte delle litologie sottostanti (substrato roccioso).

I dissesti sono ulteriormente da distinguere in attivi (evoluzione) e quiescenti:

ATTIVI: si intendono quei dissesti in cui sono evidenti gli indizi di un movimento in atto, indipendentemente dall'entità e dalla velocità dello stesso. Risultano quindi parimenti attivi sia i dissesti con movimenti molto evidenti e rapidi, sia quelli con movimenti rilevati solo da strumentazioni geotecniche e quindi con velocità bassissime, dell'ordine anche di cm/anno. Vengono inclusi in questa categoria anche i dissesti pregressi che al momento del rilevamento non presentino visibili segni di movimento, qualora sia possibile rilevare la presenza di agenti modellatori dei versanti che preludano ad un sicuro e prossimo reinnesco del fenomeno. L'attività può essere quindi continua o intermittente con presunti tempi di ritorno stagionali, ossia in relazione ai periodi di massima piovosità (che nella zona in esame è in autunno). Dal punto di vista pratico, le aree interessate da tali dissesti si possono ritenere inutilizzabili per la quasi totalità degli usi, fatta esclusione la semplice attività agricola, qualora questa non incida in senso negativo sulle condizioni già precarie dei versanti.

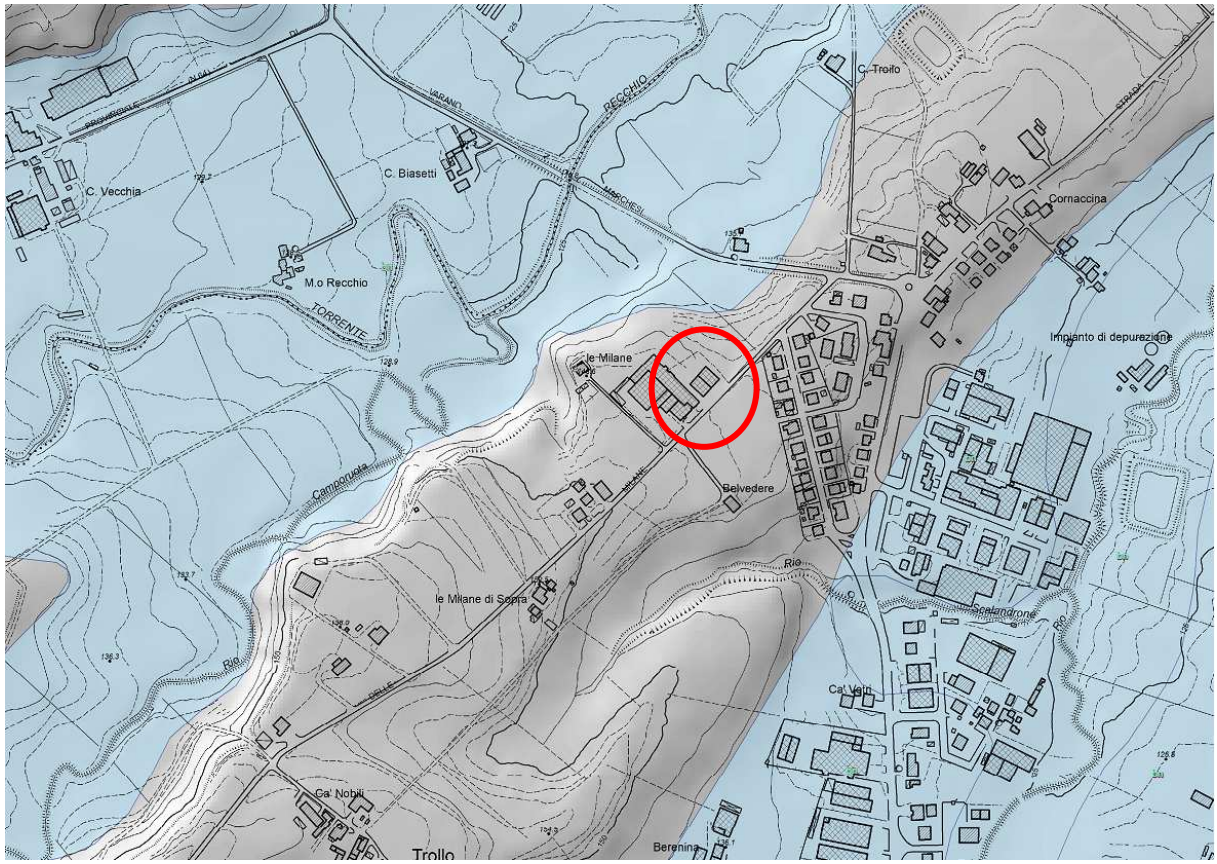
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

QUIESCENTI: sono dissesti in cui non sono stati individuati indizi di movimento in atto, né agenti modellatori in atto sul versante che preludano ad un ripristino del movimento in tempi brevi.

In base alle informazioni storiche le aree di frane individuate come quiescenti sono quelle che solitamente hanno dato segni di "attività" in un periodo di tempo antecedente i 30 anni.

Sulla carta del dissesto, realizzata dalla Regione Emilia Romagna (progetto CARG), non sono segnalate per un intorno significativo frane attive o quiescenti. A tal proposito, a monte e a valle dell'area in questione per un intorno significativo, non si sono notati dissesti morfologici tali da poter presagire l'innescarsi di processi gravitativi importanti che interessino il sedime fondazionale dell'edificio.



Legenda

Frane attive

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

Depositi alluvionali

bn - Deposito alluvionale attualmente non in evoluzione

Estratto della Carta del Dissesto (Regione Emilia Romagna)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

2.7 - SISMICITA'

L'istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha rimappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche, tale zonazione viene definita ufficialmente ZS9 (Meletti e Valensise, 2004). Rispetto alle zonazioni precedenti, le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgenti. La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il nuovo catalogo CPTI2, e fornisce, inoltre, una stima della "profondità efficace", ovvero del'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce, per ogni zona, un meccanismo di fogliazione prevalente.

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, identificate da un numero che va da 901 a 936, che presentano limiti di colorazione nera e blu; i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu definisce, invece, suddivisioni di zone con uno stesso stile de formativo ma con differenti caratteristiche della sismicità, come la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata.

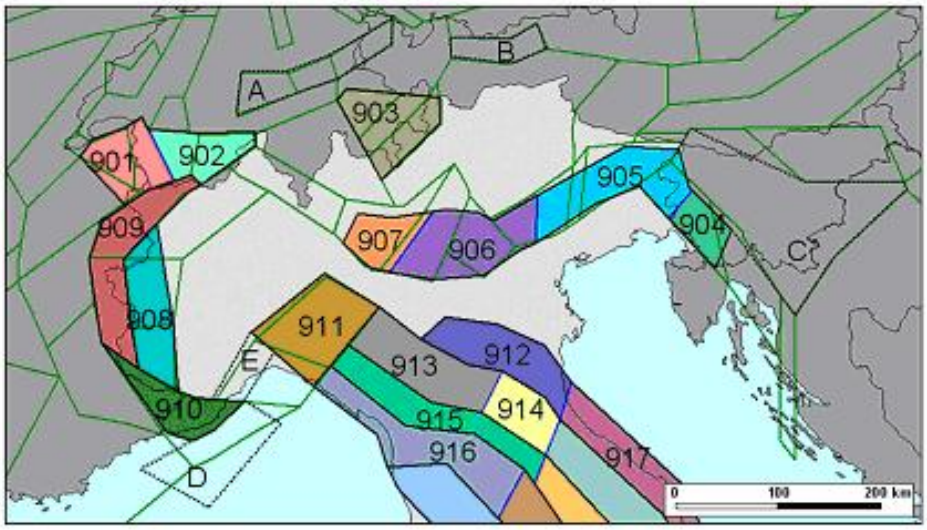
L'area in esame si trova all'interno delle zone sismogenetiche che vanno dalla ZS911 alla ZS923 e che rappresentano l'Appennino settentrionale e centrale; più precisamente ci troviamo all'interno della fascia 913-914-918, in questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente più distensivi nella porzione più sud-orientale. L'intera fascia appartiene ad una zona in cui storicamente si sono verificati terremoti che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Questa fascia include le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che si sono manifestate recentemente nell'arco appenninico centro-settentrionale.

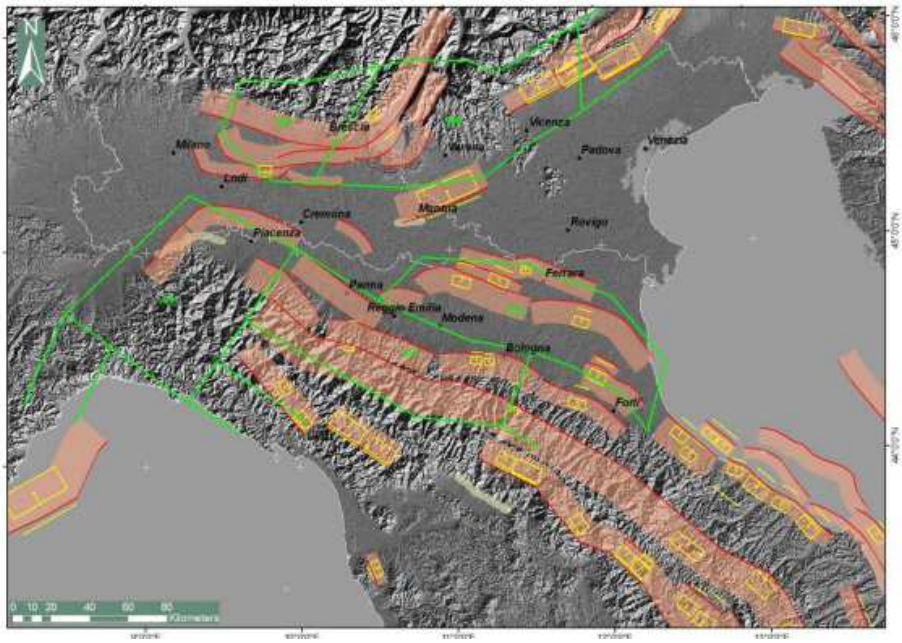
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Le strutture tettoniche dell'arco esterno (sistema EA-FRA) unitamente alle strutture del sistema di sovrascorrimento pedeappenninico (PFT) sono tra le principali cause della sismicità del parmense e del reggiano.

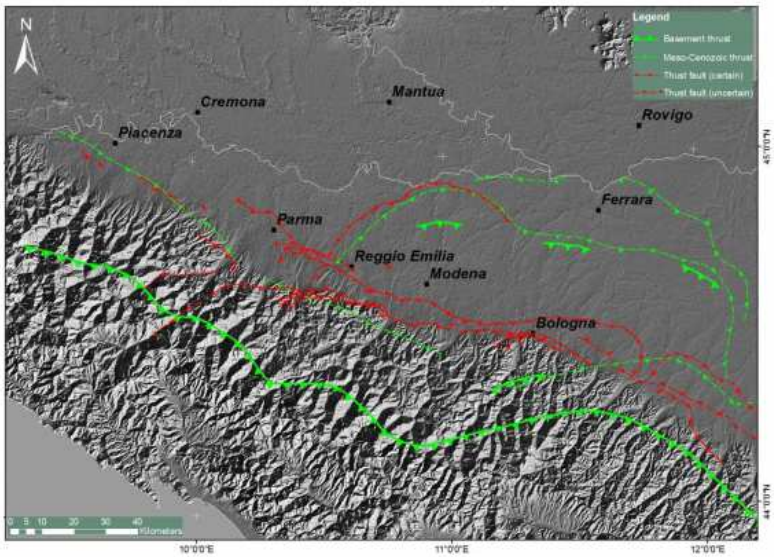
In particolare l'area oggetto di studio rientra nella della zona sismogenetica 913; in tale zona si verificano terremoti con meccanismi di fagliazione prevalentemente compressivi, la magnitudo massima (Md) registrata è pari a 4.8 e l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti è compreso tra 12 e 20 km con profondità efficace pari a 13 km.



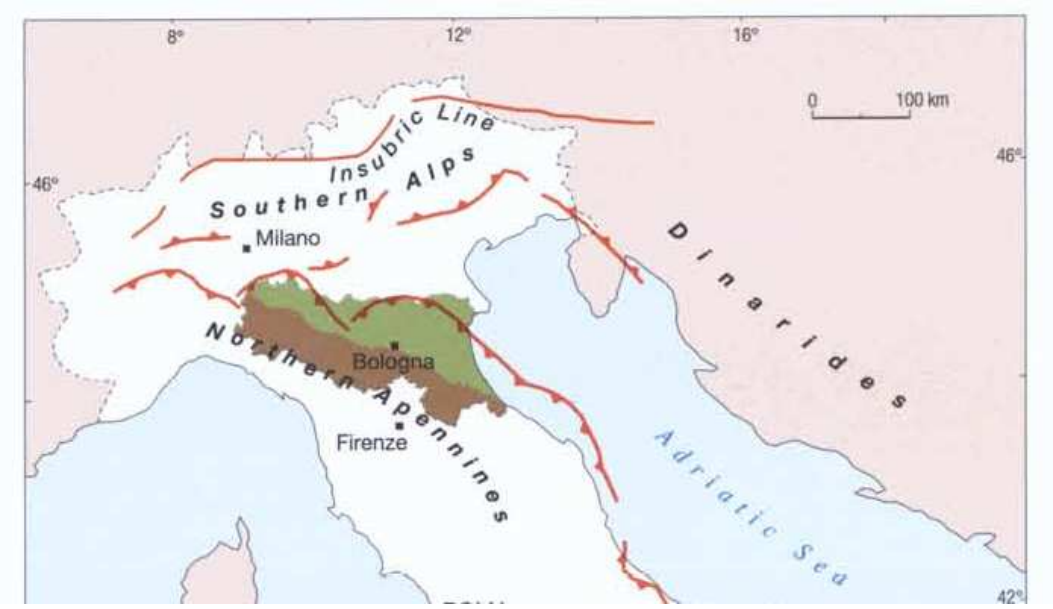


Zonizzazione sismogenetica ZS9 per il nord Italia

In dipendenza della presenza di estesi fronti di accavallamento nel sottosuolo della pianura parmense e delle zone limitrofe, geodinamicamente attivi, e della spessa copertura alluvionale si genera un'attività sismica medio-bassa. Le strutture sismogenetiche attive sepolte, che sono identificabili in faglie che interessano soprattutto il substrato terziario (External Thrust Front e Pedeappenninic Thrust Front), sono responsabili dei principali fenomeni tellurici che hanno interessato, anche recentemente, la provincia parmense e soprattutto quella reggiana.



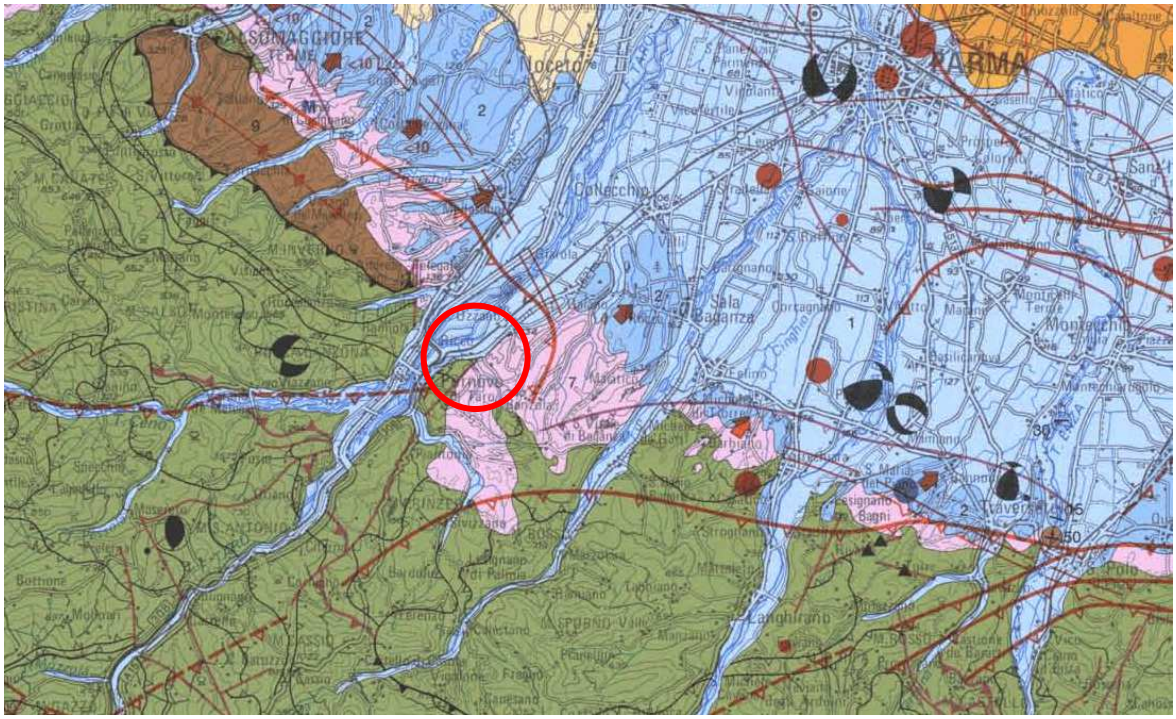
Principali strutture tettoniche della pianura emiliana. Rielaborate da Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna (Boccaletti e Martelli, 2004)



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

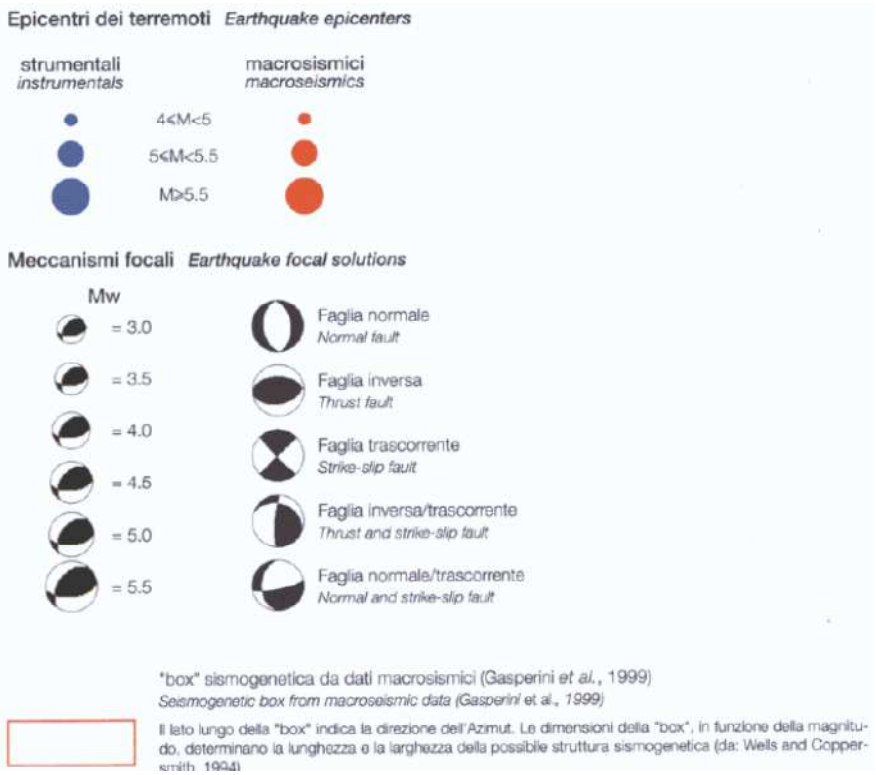
Ambiente e Territorio Srl

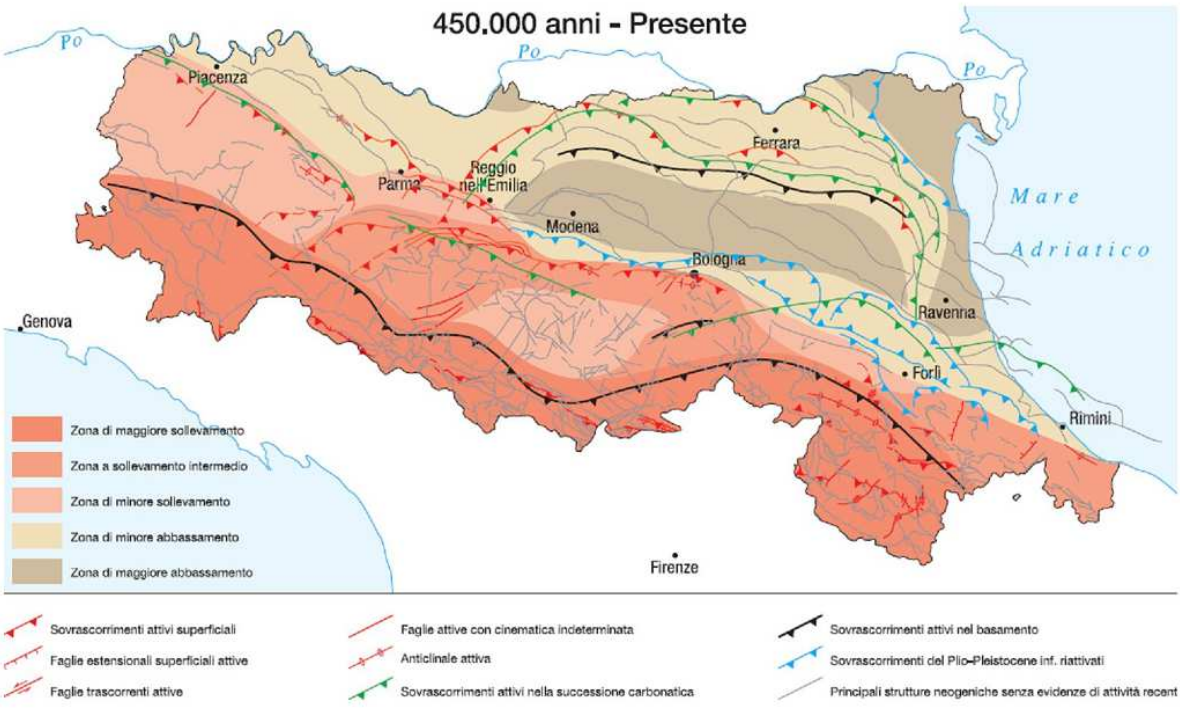
In particolare dalla consultazione della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna si osserva che l'area di studio è in prossimità di un sovrascorrimento.



Stralcio della "Carta sismotettonica della regione emilia-romagna 1:250.000"

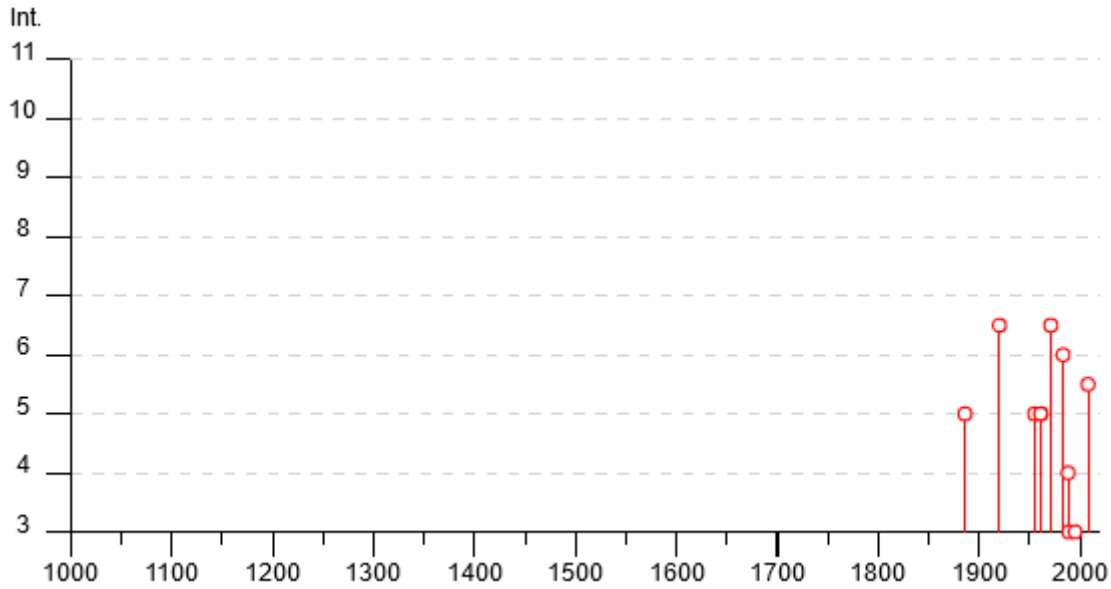



Epicentri dei terremoti Earthquake epicenters
strumentali
instrumentals
macrosismici
macroseismics
4≤M<5
5≤M<5.5
M≥5.5
Meccanismi focali Earthquake focal solutions
Mw
= 3.0
= 3.5
= 4.0
= 4.5
= 5.0
= 5.5
Faglia normale
Normal fault
Faglia inversa
Thrust fault
Faglia trascorrente
Strike-slip fault
Faglia inversa/trascorrente
Thrust and strike-slip fault
Faglia normale/trascorrente
Normal and strike-slip fault
"box" sismogenetica da dati macrosismici (Gasperini et al., 1999)
Seismogenetic box from macroseismic data (Gasperini et al., 1999)
Il lato lungo della "box" indica la direzione dell'Azimut. Le dimensioni della "box", in funzione della magnitudo, determinano la lunghezza e la larghezza della possibile struttura sismogenetica (da: Wells and Coppersmith, 1994)


450.000 anni - Presente
Po
Piacenza
Parma
Reggio nell'Emilia
Modena
Bologna
Ferrara
Ravenna
Forlì
Rimini
Mare Adriatico
Genova
Firenze
Zona di maggiore sollevamento
Zona a sollevamento intermedio
Zona di minore sollevamento
Zona di minore abbassamento
Zona di maggiore abbassamento
Sovrascorrimenti attivi superficiali
Faglie estensionali superficiali attive
Faglie trascorrenti attive
Faglie attive con cinematica indeterminata
Anticlinale attiva
Sovrascorrimenti attivi nella successione carbonatica
Sovrascorrimenti attivi nel basamento
Sovrascorrimenti del Plio-Pleistocene inf. riattivati
Principali strutture neogeniche senza evidenze di attività recent

Medesano

PlaceID	IT_36333
Coordinates (lat, lon)	44.756, 10.141
Municipality (ISTAT 2015)	Medesano
Province	Parma
Region	Emilia-Romagna
No. of reported earthquakes	14



Nella seguente tabella sono riportati i principali terremoti storici per un un raggio di 40 Km con centro dall'area in oggetto.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
90	DI	1345	1	31				CASTELNUOVO	DOM	1	55	55		44.81	10.564	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	A		596	90
130	DI	1409	11	15	11	15		Parma	CFTI	5	70	60	M	44.8	10.33	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G	173	598	130
144	DI	1438	6	11	20			Parmense	CFTI	12	80	80		44.85	10.23	A	5.62	0.17		5.47	0.26		5.61	0.26	913	G	181	599	144
160	DI	1465	4	15	14	40		Reggio Emilia	CFTI	6	65	65		44.7	10.63	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	913	G	192	600	160
241	DI	1545	6	9	15			BORGO VAL DI TARO	DOM	5	75	75		44.498	9.844	A	5.33	0.19		5.04	0.28		5.21	0.26	915	G	222	543	241
242	DI	1547	2	10	13	20		Reggio Emilia	CFTI	13	80	70	M	44.7	10.63	A	5.21	0.25		4.86	0.37		5.05	0.34	913	G	223	603	242
264	DI	1572	6	4	22			PARMA	DOM	8	70	70		44.851	10.422	A	5.13	0.23		4.74	0.34		4.93	0.32	913	A		604	264
281	DI	1591	5	24				REGGIO EMILIA	DOM	4	60	60		44.697	10.631	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		606	281
304	DI	1608	1	6				REGGIO EMILIA	DOM	2	60	60		44.697	10.631	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		607	304
333	DI	1628	11	4	15	15		PARMA	DOM	8	70	70		44.801	10.329	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	913	G		608	333
501	DI	1732	2	27				PARMA	DOM	1	60	60		44.801	10.329	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		611	501
511	DI	1738	11	5		30		PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.028	A	5.40	0.20		5.15	0.30		5.31	0.28	913	G		612	511
589	DI	1774	3	4				PARMA	DOM	2	60	60		44.801	10.329	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		613	589
740	DI	1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	DOM	27	75	75		44.668	10.286	A	5.57	0.10		5.40	0.15		5.55	0.15	913	G		615	740
791	DI	1831	9	11	18	15		Reggiano	CFTI	24	75	75		44.75	10.55	A	5.48	0.13		5.27	0.19		5.43	0.18	912	G	378	616	791
798	DI	1832	3	13	3	30		Reggiano	CFTI	93	75	75		44.77	10.47	A	5.59	0.07		5.43	0.10		5.57	0.10	913	G	382	617	798
801	DI	1834	2	14	13	15		ALTA LUNIGIANA	DOM	101	85	85		44.449	9.859	A	5.64	0.09		5.50	0.13		5.64	0.13	915	G		549	801
802	DI	1834	7	4		35		ALTA LUNIGIANA	DOM	21	65	65		44.439	10.021	A	5.14	0.18		4.76	0.27		4.95	0.25	915	G	383	550	802
906	DI	1857	2	1				PARMENSE	DOM	22	65	65		44.749	10.48	A	5.26	0.12		4.94	0.18		5.12	0.17	913	G		619	906
988	DI	1873	9	17				LIGURIA ORIENTALE	DOM	68	65	65		44.497	10.283	A	5.52	0.13		5.32	0.19		5.47	0.18	916	A		537	988
1124	DI	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	DOM	44	60	60		44.75	10.306	A	4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		623	1124
1291	DI	1898	3	4				CALESTANO	DOM	260	70	65		44.503	10.314	A	5.07	0.09		4.65	0.14		4.85	0.13	913	G		584	1291
1504	CP	1909	3	18	2	51	52	CARPINETI	POS85			60		44.5	10.5		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		625	1504
1590	DI	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	DOM	73	50	50		44.597	10.279	A	4.85	0.14		4.33	0.21		4.55	0.19	913	G		587	1590
1622	DI	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	DOM	30	65	60		44.732	10.469	A	5.01	0.08		4.57	0.12		4.78	0.11	913	G		626	1622
1727	DI	1921	11	29	12	4		BORGO VAL DI TARO	DOM	10	50	50		44.376	9.987	A	4.81	0.14		4.27	0.21		4.50	0.19	915	G		566	1727
1784	DI	1926	6	28	21	15		REGGIANO	DOM	3	40	40		44.488	10.487	A	4.61	0.11		3.97	0.16		4.22	0.15	913	G		628	1784
1797	CP	1927	11	20	10	24	12	CERVAREZZA	POS85			60		44.4	10.4		4.66	0.09		4.04	0.14		4.29	0.13	913	G		589	1797
1843	CP	1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	POS85			60		44.6	10.6		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		629	1843
1931	CP	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	POS85			60		44.8	10.3		4.56	0.11		3.89	0.17		4.15	0.16	913	G		632	1931
1954	CP	1940	1	24	23	32	16	CORNIGLIO	POS85			50		44.467	10.1		4.93	0.09		4.45	0.14		4.67	0.13	915	G		591	1954
1960	CP	1940	5	1	9	36	5	NOCETO	POS85			50		44.8	10.183		4.89	0.14		4.39	0.21		4.61	0.19	913	G		634	1960
2114	CP	1957	10	25	23	2	5	MONCHIO	POS85			55		44.383	10.2		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	915	G		592	2114
2231	CP	1967	5	15	10	3	34	S.POLO	POS85			60		44.6	10.4		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	913	G		637	2231
2278	CP	1970	5	3	4	17	41	S.POLO	POS85			60		44.633	10.383		4.80	0.21		4.26	0.31		4.49	0.29	913	G		639	2278
2303	DI	1971	7	15	1	33	23	Parmense	CFTI	228	80	75	M	44.82	10.35	A	5.61	0.07		5.45	0.10		5.59	0.10	913	G	536	641	2303
2313	CP	1972	6	25	17	10	49	CALESTANO	POS85			60		44.6	10.2		4.66	0.21		4.04	0.31		4.29	0.29	913	G		642	2313
2339	CP	1974	4	15	21	49	12	PIONE	POS85			55		44.65	9.683		4.64	0.12		4.01	0.18		4.26	0.17	915	G		594	2339
2417	CP	1980	12	23	12	1	6	VERNASCA	POS85					44.817	9.85		5.03	0.18		4.60	0.27		4.80	0.25	913	G		643	2417
2437	DI	1983	11	9	16	29	52	Parmense	CFTI	836	70	65		44.765	10.27	A	5.10	0.18	O	4.99	0.06		5.16	0.05	913	G			2435

Numero di record estratti: 40

Codice CPTI04	descrizione	contenuto
N	numero d'ordine del record	
Tr	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici
Anno	tempo origine: anno	
Me	tempo origine: mese	
Gi	tempo origine: giorno	
Or	tempo origine: ora	
Mi	tempo origine: minuto	
Se	tempo origine: secondo	
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti	
Rt	codice dell'elaborato di riferimento	vedi tabella 1
Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili	
Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)	
Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)	
TI	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente
Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali	
Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali	
TL	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica M: localizzazione macrosismica manuale S: localizzazione strumentale
--		
--		

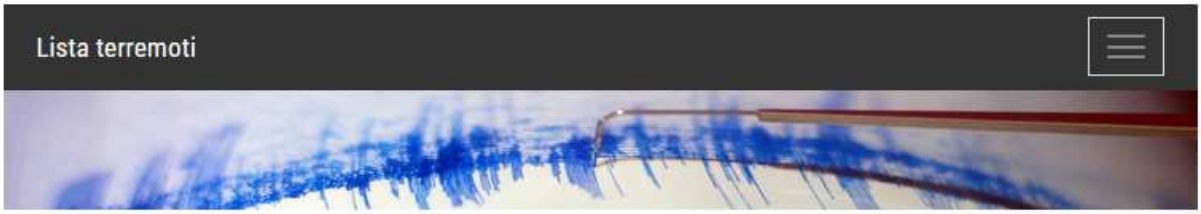
Maw	Magnitudo momento	
Daw	Errore associato alla stima di Maw	
TW	codice di determinazione di Maw	O valore osservato
Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99
TS	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)
Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per Ms>5.5: Msp=Ms per Ms≤5.5: Msp=(Ms+0.584)/1.079
Dsp	Errore associato alla stima di Msp	
ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato	
TZ	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica A: assegnazione ponderata cautelativa
Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2	
Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1	
Ncpt	Numero d'ordine del record nel catalogo CPTI99	

Estratto dal "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), terremoti con epicentro compreso in un raggio di 40 Km dall'area d'intervento.

Nella seguente mappa sono riportati i principali terremoti attuali (2006/2020) per un un raggio di 40 Km con centro dall'area in oggetto.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Lista terremoti



Fuso Orario: Italia

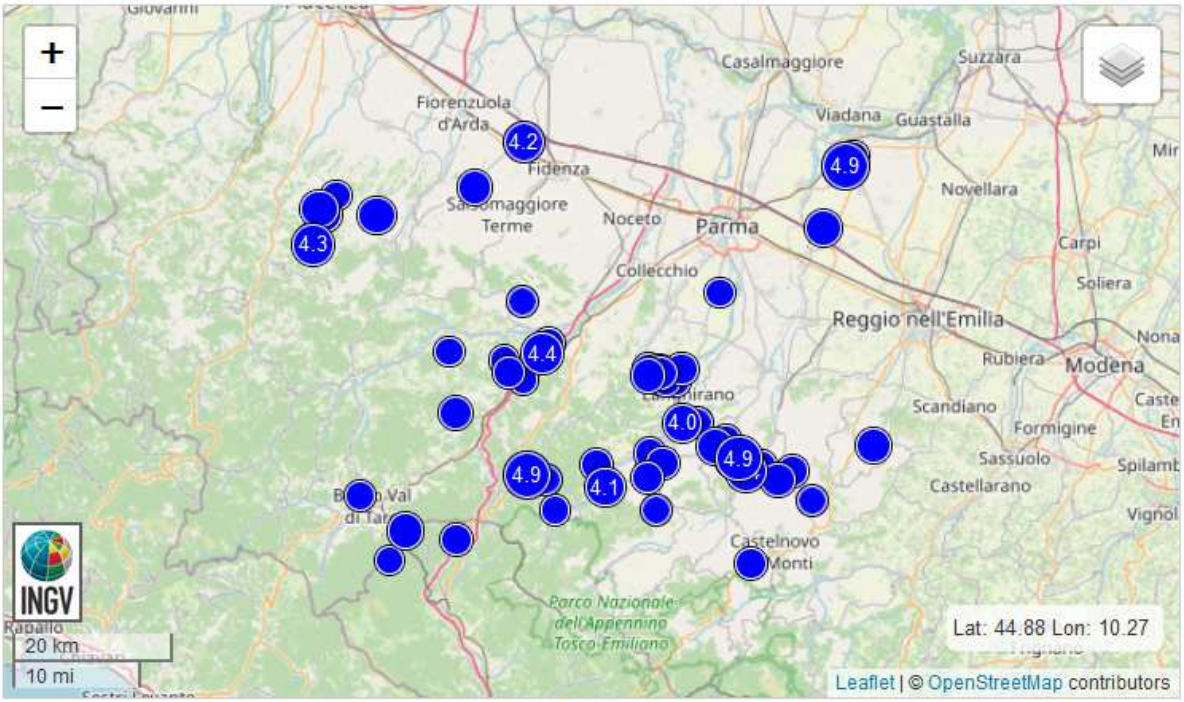
01-01-2006

Magnitudo: 3+

Punto: (44.69, 10.1) - Raggio: 40 km

Personalizza Ricerca

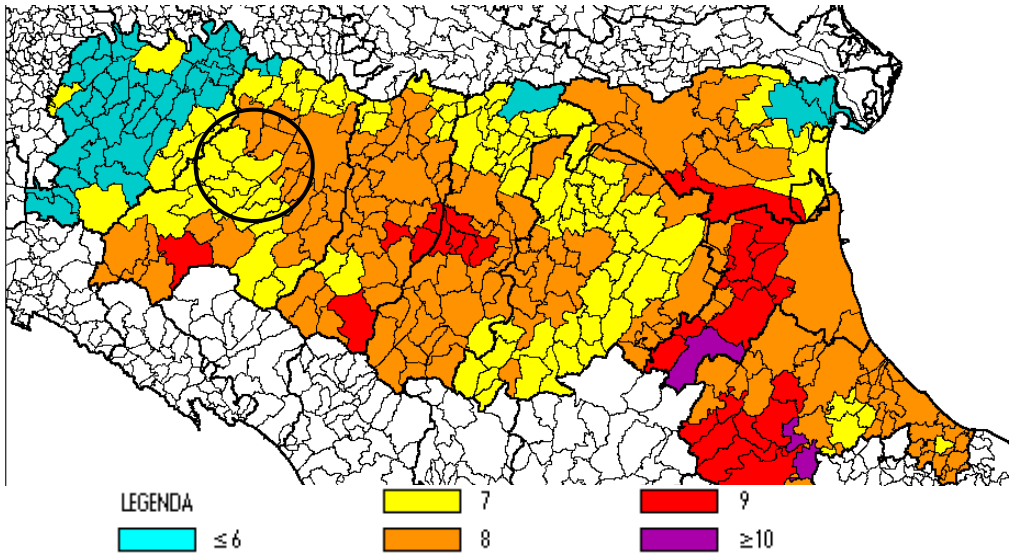
Mappa



Visualizzati terremoti da 1 a 30 dei 63 trovati

Esporta lista (UTC)

A conferma di quanto riportato in precedenza si riporta la carta delle "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING" (Molin et al., 1996) nella quale, per il territorio del comune di ***Medesano*** viene indicato un terremoto del VII grado MCS.



Carta delle "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING" (Molin et al., 1996) per la Regione Emilia Romagna

Per valutare la pericolosità sismica si fa riferimento alle disposizioni regionali e nazionali. La Regione Emilia-Romagna, nella delibera della Giunta Regionale n. 1677 del 24 Ottobre 2005 "Prime indicazioni applicative in merito al decreto Ministeriale 14 Settembre 2005 (Pubblicato sul supplemento ordinario n.159 alla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23 settembre 2005) recante 'Norme Tecniche per le costruzioni'" stabilisce quanto segue "Nel silenzio del Decreto Ministeriale, si deve ritenere che a decorrere dal 23 ottobre 2005 continui a trovare applicazione la classificazione sismica di tutti i Comuni della Regione, stabilità, in via di prima applicazione, ai sensi del punto 3. dell'Allegato 1 all'Ordinanza n.3274/2003"

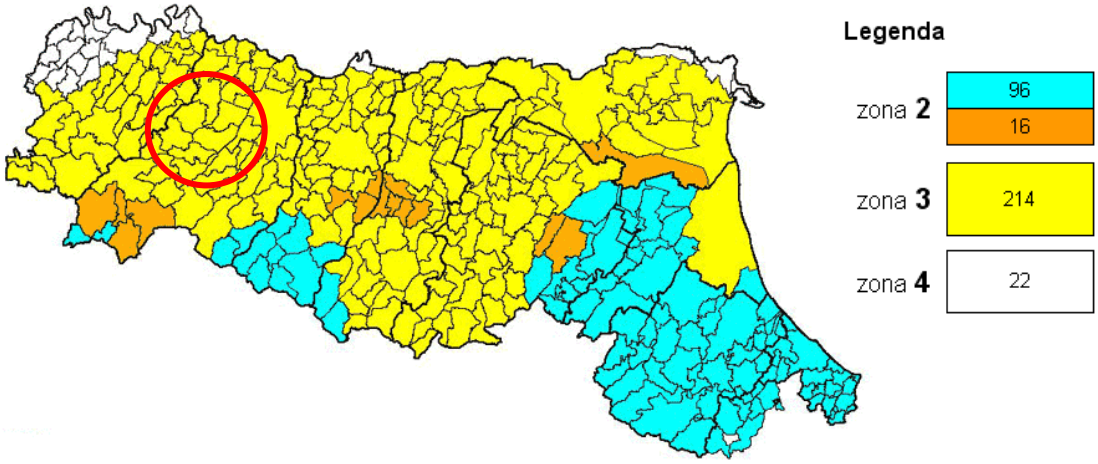
Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 il comune di ***Medesano*** viene classificato in zona 3.

Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale dell'Emilia-Romagna con evidenziato in rosso il territorio del Comune di ***Medesano***.



Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna in base all'Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003, il n° di comuni si riferisce all'intero territorio regionale.

Nelle norme tecniche allegate all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso valore del parametro ag (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

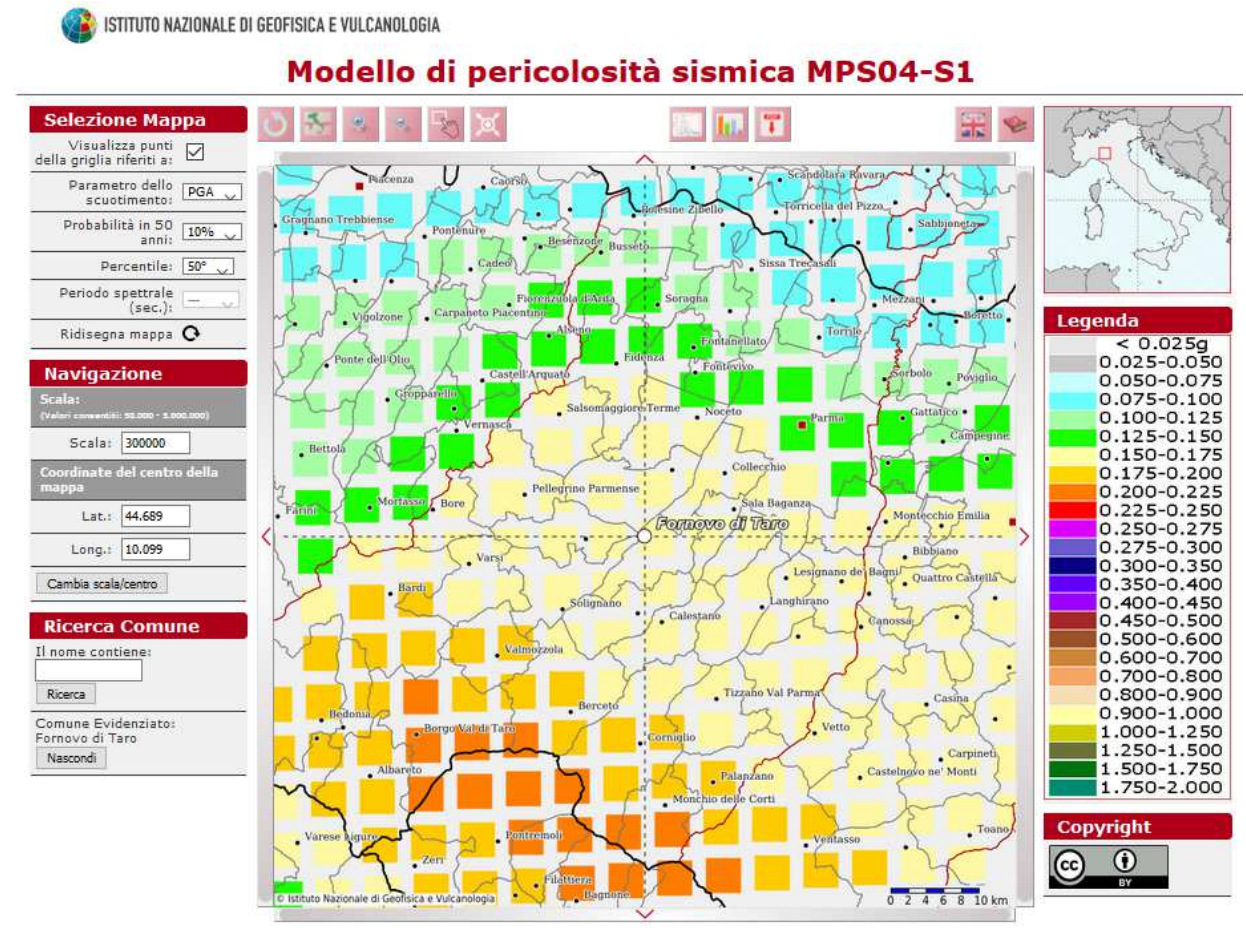
@T Ambiente e Territorio Srl

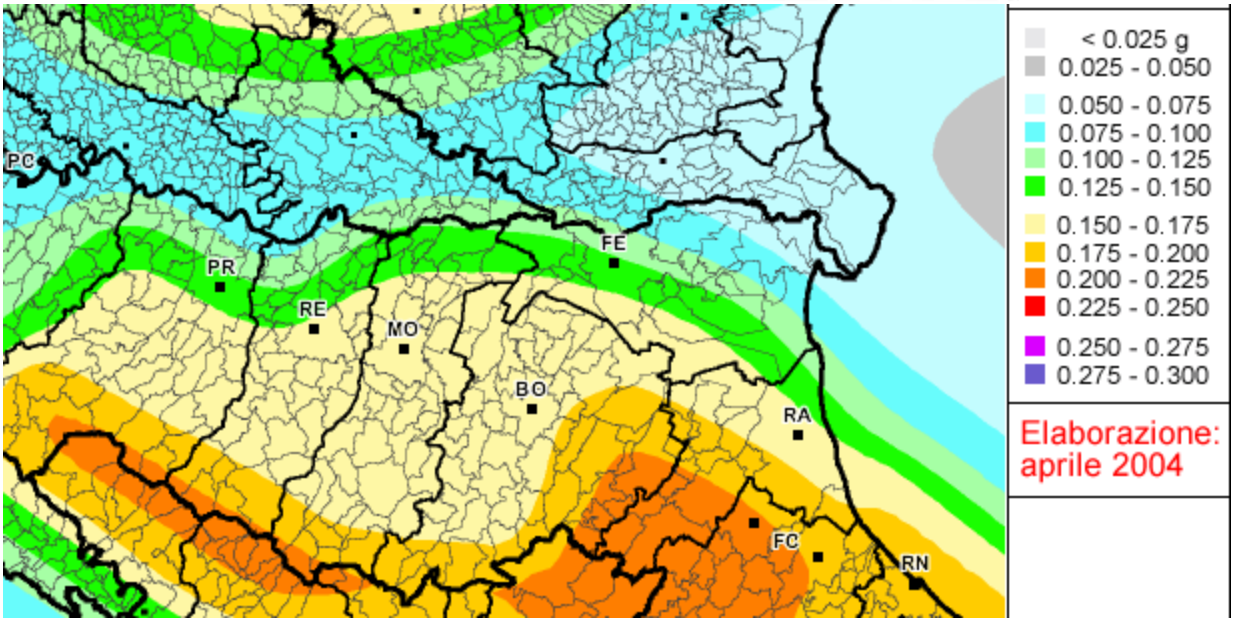
Nelle classificazioni definite dai decreti emessi fino al 1984 la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S, nella classificazione proposta dal Gruppo di Lavoro del 1998 vennero invece proposte tre categorie sismiche (prima, seconda e terza) ed una categoria per i comuni Non Classificati, la nuova classificazione (Ordinanza del PCM n.3274/2003) prevede invece la suddivisione in quattro zone numerate da 1 a 4. Nello schema seguente si riporta la corrispondenza tra le diverse classificazioni.

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
S = 12	Prima categoria	Zona 1
S = 9	Seconda categoria	Zona 2
S = 6	Terza categoria	Zona 3
Non classificato	Non classificato	Zona 4

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella figura seguente ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia il comune di ***Medesano*** ricade in una zona con accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat .A) compresa tra 0.150 e 0.175 g.





Estratto da "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" riferimento Ordinanza del 20 marzo 2003 n.3274 All.1. espressa in termine di accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi(Vs30>800 m/s; cat .A .All.2.3.1)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Nell'Atto di indirizzo e cordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" nella tabella 2 dell'allegato 4°, sono riportati i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) per ogni comune della regione Emilia-Romagna. In particolare per il comune di ***Medesano*** viene fornito un valore di a_{refg}=0.155 g.

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/08 sono state approvate le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n°29 del 04/02/08) nelle quali è presente un allegato relativo alla pericolosità sismica del territorio nazionale, in particolare è fornita la pericolosità sismica. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), T_c*(periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Di seguito sono riportati i valori di ag, Fo, Tc* relativi alla pericolosità sismica dell'area oggetto d'intervento per vari tempi di ritorno.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.050	2.444	0.238
Danno (SLD)	50	0.062	2.468	0.255
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.155	2.462	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.196	2.478	0.287
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

3 - RELAZIONE GEOTECNICA (indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica)

Al fine di approfondire il grado di conoscenza del terreno di fondazione e quindi di costruire uno schema stratigrafico dell'area oggetto d'intervento, si è fatto riferimento alle preindicate indagini geognostiche in sito con metodologia diretta ed indiretta (geofisica).

Sono state eseguite sull'area:

- n° 1 prova penetrometrica statica CPT;
- n° 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n° 1 prospezione di sismica attiva MASW;
- n° 1 prospezione di sismica passiva H/V (Microtremori)



3.1 - METODOLOGIE DELLE PROVE IN SITO

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Le prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test) di tipo meccanico con penetrometro corredato di punta telescopica e manicotto laterale (tipo "Begemann") consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno a velocità costante di 2 cm/s, mediante martinetto idraulico, una batteria d'aste a cui è collegata nella parte inferiore una punta conica, e nel misurare separatamente le resistenze all'avanzamento della sola punta conica Rp (Kg/cmq), la resistenza relativa all'infissione della punta e del manicotto Rp + Rl (Kg/cmq) e la resistenza totale relativa all'infissione delle aste esterne Rt (Kg). I dati relativi alle letture di campagna di Rp e Rl vengono poi elaborati e permettono di ottenere indicazioni sui principali parametri geotecnici del terreno; in base al rapporto Rp/Rl fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del manicotto (Begemann 1965 - AGI '77) è possibile effettuare il riconoscimento di massima dei terreni.



Esecuzione prova penetrometrica CPT1 (12/11/2021)

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)

Le prove penetrometriche (Dinamic Probing) del tipo DPSH sono state effettuate mediante penetrometro con caratteristiche tecniche principali che rientrano nello standard previsto dalle "Raccomandazioni ISSMFE".

La prova penetrometrica consiste nell'infissione nel terreno di una punta conica di dimensioni standard, mediante battitura a mezzo di dispositivo a percussione costituito da un maglio fatto cadere liberamente da un'altezza costante.

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici

TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

Il campo di applicazione di questa prova è ampio, essendo praticamente eseguibile in tutti i tipi di terreno, sia coesivo che granulare, ed è raccomandato in presenza di ghiaie e sabbie, trattandosi di terreni dove diventa difficile e spesso impossibile l'impiego di prove penetrometriche di tipo statico.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

Ambiente e Territorio Srl



Esecuzione prova penetrometrica DPSH1 (12/11/2021)



Esecuzione prova penetrometrica DPSH2 (12/11/2021)



Esecuzione prova penetrometrica DPSH3 (12/11/2021)

SISMICA ATTIVA (SASW/MASW)

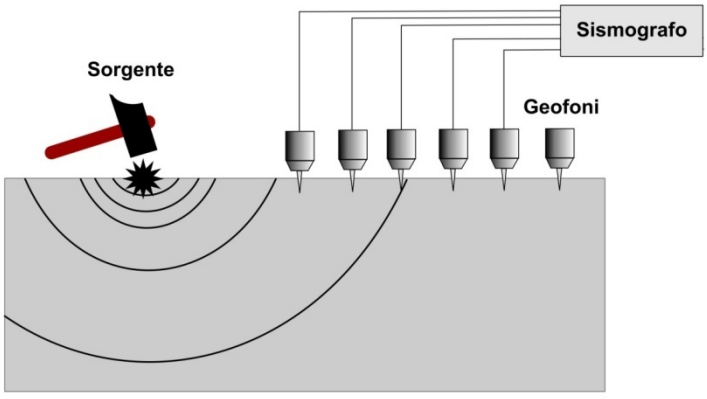
Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro Vs30, richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera decisamente affidabile.

Questo tipo di indagine mira a ricostruire la curva di dispersione della velocità di fase delle onde di superficie generate in sede di energizzazione.

Tramite le prove MASW vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una preocedura di inversione numerica.

La procedura MASW prevede tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campagna: registrazione di linea sismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) di lunghezza e distanza intergeofonica variabile utile a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio)

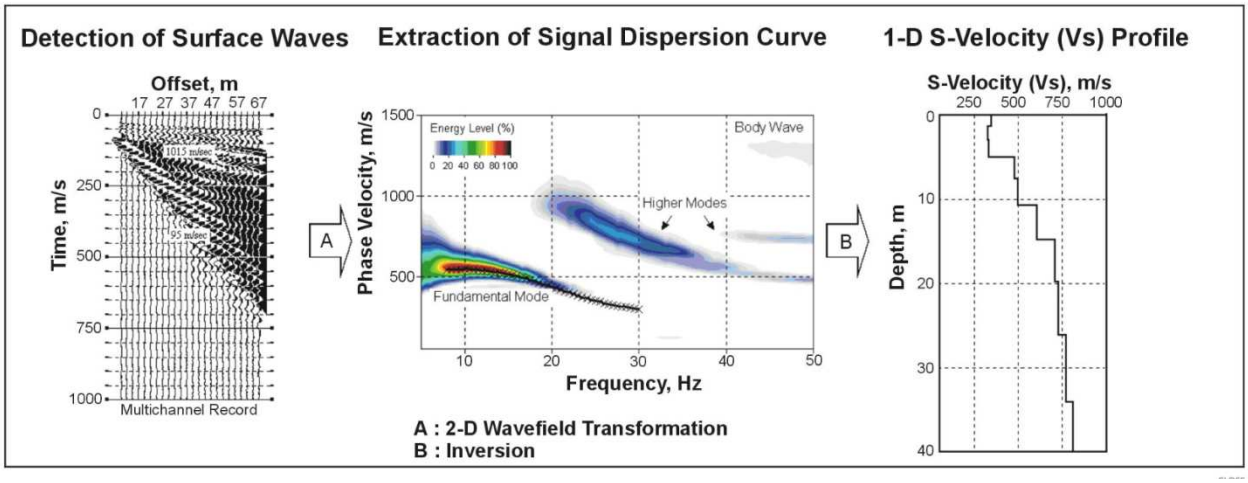


2. estrazione della curva di dispersione;

3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl





Esecuzione sismica attiva SASW/MASW (27/10/2021)

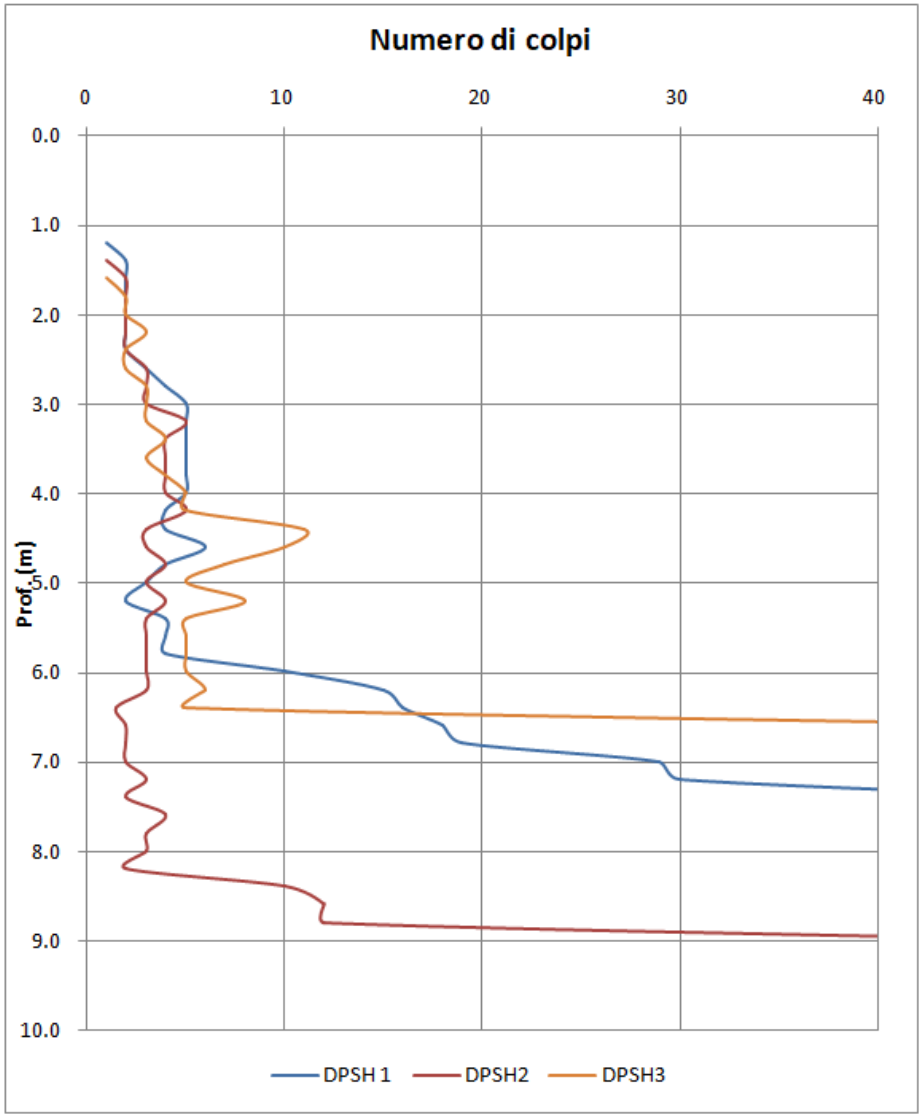
3.2 - STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Al fine di approfondire il grado di conoscenza del terreno di fondazione e quindi di costruire uno schema stratigrafico dell'area oggetto d'intervento, si è fatto riferimento alla preindicata indagine geognostica "in situ"; le prove penetrometriche eseguite con punta conica sono state spinte a rifiuto, per lo più fino alla profondità massima di 9 metri circa dal p.c..

Facendo riferimento alle indagini dirette eseguite sul lotto, dal punto di vista stratigrafico il terreno oggetto di indagine nei primi 9 metri di profondità (profondità direttamente indagata), oltre ad un terreno di riporto antropico ghiaioso-ciottoloso, con uno spessore variabile di 1-1,5 m circa a secondo dei luoghi, si hanno terreni coesivi argilloso-limosi, da consistenti a molto consistenti, sino ad una profondità di 6,5-8,5 m circa dal p.c. e oltre si ha la presenza di terreni granulari costituiti da ghiaie, ghiaie sabbiose e ghiaie ciottolose, da molto addensate a estremamente addensate, all'interno dei quali sono andate a rifiuto tutte le prove penetrometriche statiche e dinamiche. Le prove penetrometriche non hanno consentito di stabilire la potenza del banco ghiaioso che tuttavia si ritiene estendersi in profondità sino a 14-15 m dal p.c.. Più in profondità, sino a 30-31 m circa, sono presenti terreni fini coesivi sovra consolidati ad elevato grado di consistenza (Argille l.s.).

Tale successione stratigrafica trova riscontro anche nelle indagini indirette eseguite mediante prospezioni di sismica attiva (MASW).

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche è stata rinvenuta la falda a 6-7m circa dal p.c..



Comparativo prove DPSH

La modellazione geologica del sito per i primi metri è la seguente:

MODELLO GEOLOGICO		
Strato	**Profondità strato da p.c. [m]**	**Litologia**
A	0,00m ÷1,0/1,5m	Riporto antropico ghiaioso-ciottoloso.
B	1,0/1,5m ÷ 6,50/8,50m	Alternanza di limi argillosi e argille limose da consistenti a molto consistenti.
C	6,50/8,50m ÷ 14,00/15,00m	Alternanza di ghiaie, ghiaie sabbiose e ghiaie con ciottoli arrotondati, da molto addensate ad estremamente addensate.
D	14,5/15,00m ÷ 30,0/31,0m	Argilliti da molto consistenti a estremamente consistenti.
SOGGIACENZA MEDIA FALDA: 6-7 m circa dal p.c.		

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

3.3 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Per mezzo delle prove geognostiche effettuate in sito si è provveduto alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

Si è ritenuto opportuno utilizzare i risultati provenienti dalle prove penetrometriche statiche CPT, essendo disponibili per quest'ultima numerosi dati per risalire alle caratteristiche di resistenza al taglio dei terreni. In particolare dall'elaborazione dei valori di Qc si possono estrapolare, tra gli altri, i valori di resistenza al taglio in condizioni non drenate (Cu), essendo Cu = Qc/15÷25 (15÷25 = coeff. adimensionale del carico limite riferito alla prova penetrometrica statica), e la determinazione del parametro di resistenza al taglio ϕ (angolo d'attrito interno efficace ϕ'), per mezzo della correlazione Qc-ϕ' proposta da Begemann (1974) e Meyerhof (1974). Per quanto concerne la stima del modulo elastico, questo può essere determinato da Qc secondo l'equazione generale: $E = C1 \times Qc$.

Per mezzo delle prove geognostiche effettuate in sito e sulla base delle conoscenze dei luoghi si è provveduto alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni di appoggio delle strutture fondazionali.

QUADRO GEOTECNICO-GEOMECCANICO SCHEMATICO

Strato	Profondità strato da p.c. [m]	Litologia Prevalente	Comportamento geomeccanico	Cu (Kg/cm^2)	C' (Kg/cm^2)	ϕ (°)	E (Mpa)	γ (T/m^3)	K (m/s)	μ
A	0,0m ÷1,5m	Riporto *	*	*	*	*	*	*	*	*
B	1,5m ÷ 7,0m	Argille e Limi	Coesivo	0,60÷0,80	0,15÷0,20	15÷20	15÷20	1,90	10^{-5}	0.25÷0.35
C	7,0m ÷ 15m	Ghiaie e Sabbie	Granulare	0,60÷0,80	0,05÷0,15	15÷25	20÷30	1,90	10^{-4}	0.25÷0.35
D	> 15m	Argilliti	Coesivo	-	0,00÷0,05	30÷40	50÷60	1,95	10^{-3}	0.25÷0.35

(*) tali materiali poiché sono by-passati dalle strutture di fondazione, non sono d'interesse per quanto attiene alle caratteristiche geomeccaniche.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

3.4 - MICROZONAZIONE SISMICA, STIMA DELLE VS30 E VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessaria la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle future fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock) al fine di eseguire l'analisi di risposta sismica locale (RSL), ai sensi del punto 3.2.2. delle NTC-2018, con procedura semplificata: la classificazione può essere basata sulla stima dal piano di posa delle fondazioni dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- hi spessore dell'i-esimo strato;
- VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Viceversa per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

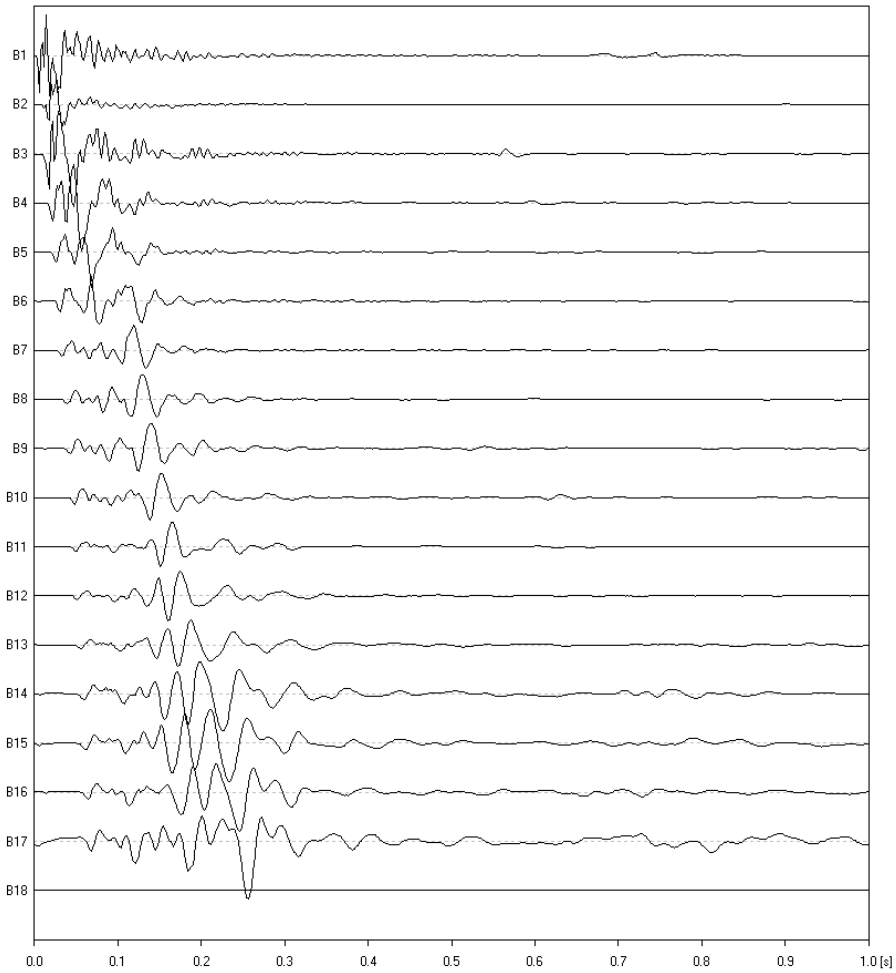
I parametri della Vs sono stati determinati integrando i dati ricavati da una prova di sismica attiva (SASW/MASW) eseguita direttamente sull'area mediante uno stendimento avente lunghezza pari a 36 m e passo fra i geofoni pari a 2 m.

MEDESANO - VIA DELLE MILANE – NUOVA SEDE DELLA PROTEZIONE CIVILE
MISURA DI SISMICA ATTIVA – SASW CON ELABORAZIONE MASW

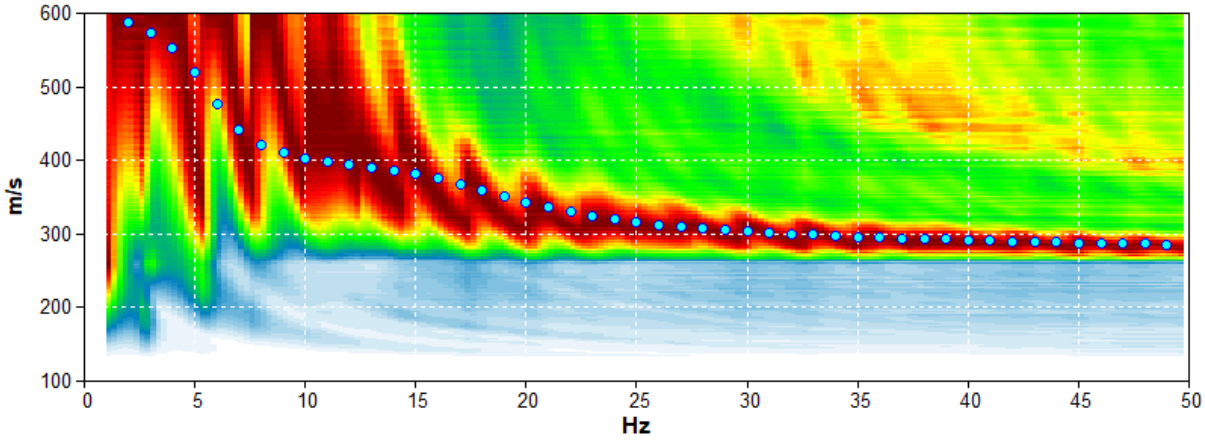
Start recording: 27/10/21 11:05:10 End recording: 27/10/21 11:25:18
Trace length: 0h00'02". Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17 ; B18

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 m.

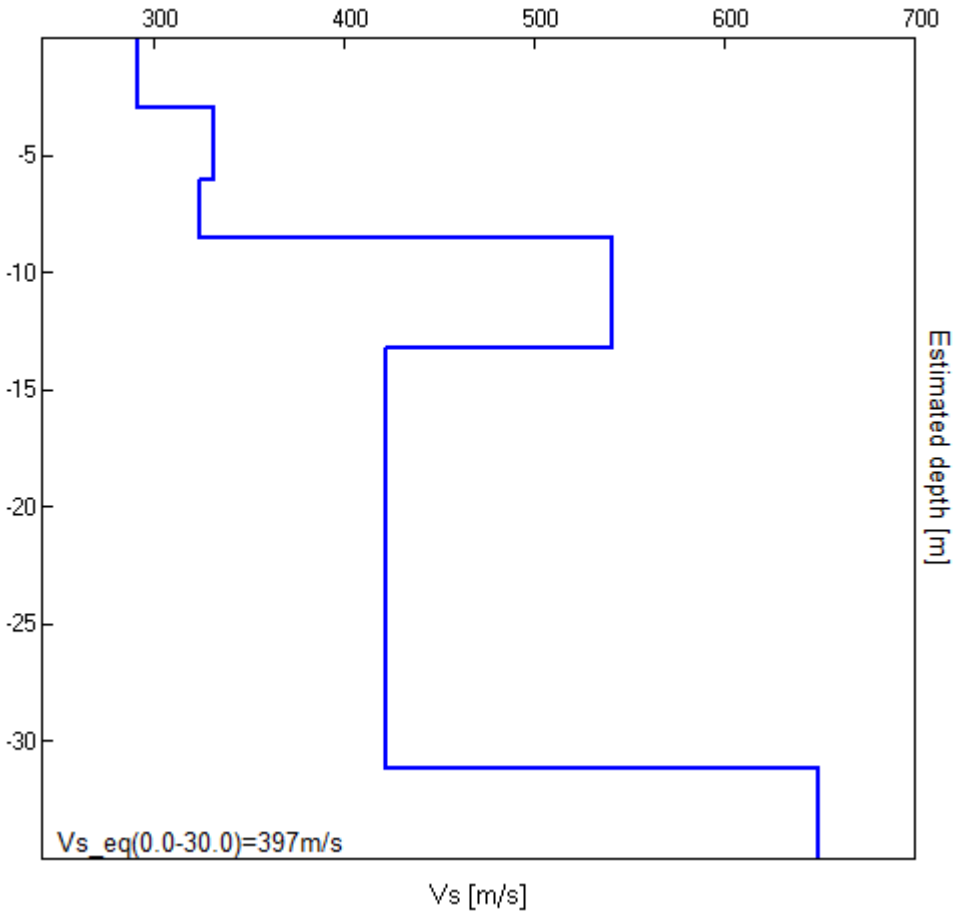


MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	291	0.42
6.00	3.00	331	0.42
8.50	2.50	324	0.42
13.20	4.70	541	0.42
31.20	18.00	422	0.42
inf.	inf.	650	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=397m/s



Nelle NTC-2018 per valutare l'effetto della risposta sismica locale si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento così come riportato nella tabella seguente.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Estratto dalle NTC-2018 (tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo)

Relativamente alla valutazione della Risposta Sismica Locale del sito con procedura semplificata (NTC-2018), che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, il valore di Vs_eq (0-30m) ricavato a partire dal piano campagna, che è pari a 397 m/s, è compreso nell'intervallo che definisce la CATEGORIA DI SOTTOSUOLO "B".

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRENO
Topografia: T1 (superficie pianeggiante) - Categoria di suolo di fondazione: B

VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

VITA DELLA STRUTTURA

Trattandosi di una "costruzione con livello di prestazione ordinaria" l'opera in progetto ha una ***vita nominale***, intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, pari a 100 anni.

Tab. 2.4.I – *Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La ***classe d'uso*** la struttura in progetto rientra nella classe IV, caratteristica di "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi" con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche.

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Classi d'uso (NTC-2018)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento detto ***vita di riferimento*** V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso* C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per la struttura in progetto la vita di riferimento VR risulta pari a 200 anni.

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRENO

Topografia: T1 (superficie pianeggiante) - Categoria di suolo di fondazione: B

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com
@T Ambiente e Territorio Srl

compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella sottostante.

Stati Limite	**P_{VR}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R**	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di PVR forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Ai fini della definizione dell'Azione Sismica di progetto occorre valutare gli effetti che le condizioni stratigrafiche locali hanno sulla Risposta Sismica Locale.

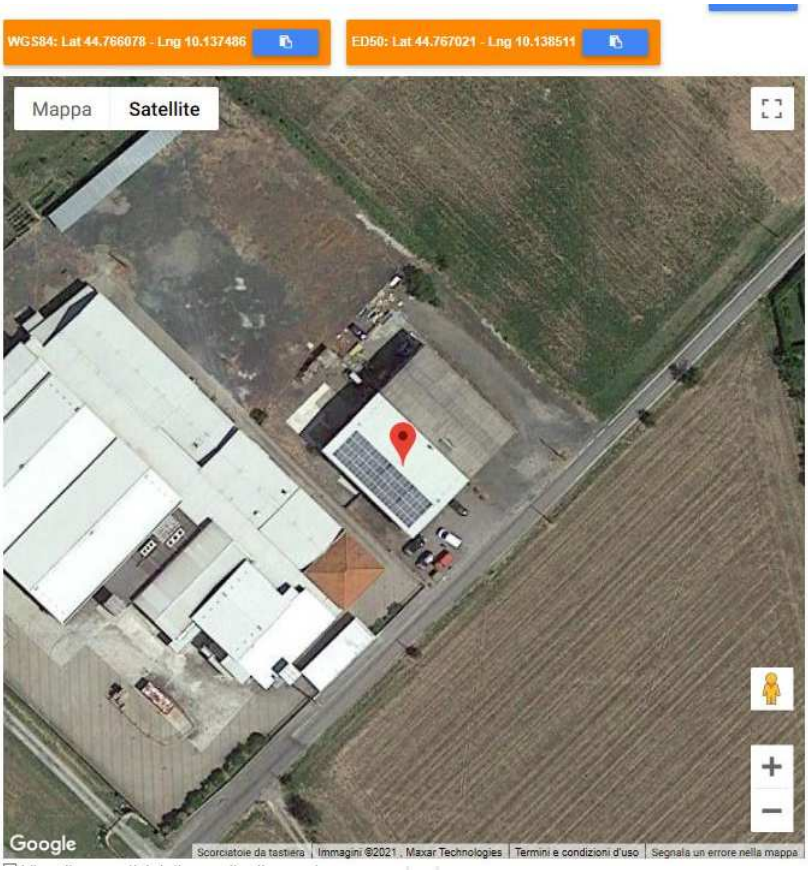
Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Trattandosi di zona pianeggiante, l'area in esame ricade nella categoria T1, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl



Stati limite

Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita Nominale 100

Interpolazione Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	120	0.091	2.447	0.267
Danno (SLD)	201	0.113	2.456	0.272
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.237	2.504	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.256	2.515	0.300
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 — us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,16	1,14
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,43	1,40	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

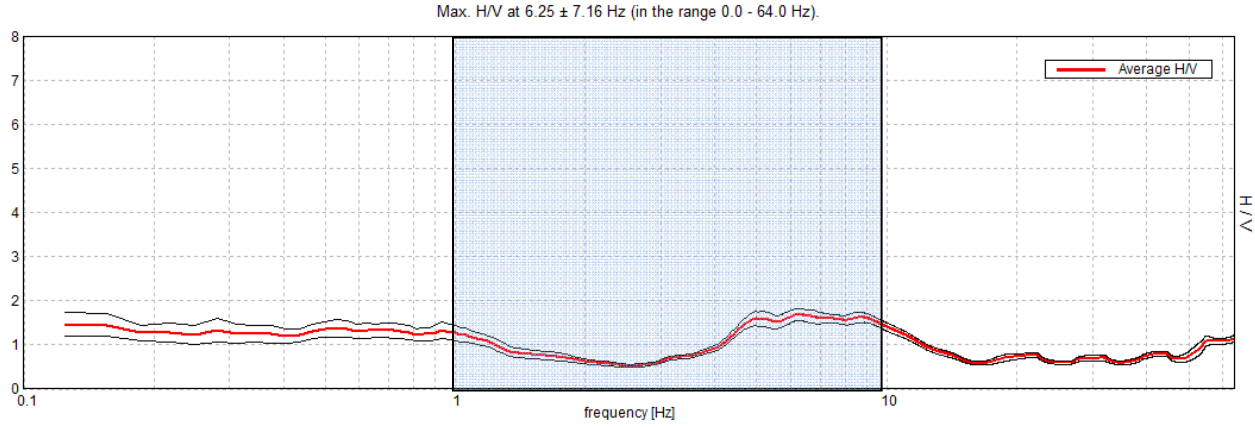
☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.022	0.032	0.077	0.082
kv	0.011	0.016	0.038	0.041
Amax [m/s²]	1.075	1.324	2.696	2.857
Beta	0.200	0.240	0.280	0.280

3.5 – FREQUENZA FONDAMENTALE DEI TERRENI

L'indagine sismica effettuata ha inoltre consentito la valutazione della frequenza fondamentale dei terreni indagati. Tale valutazione risulta di notevole importanza se si considera che in caso di eventi sismici la struttura subisce danni notevolmente maggiori se essa presenta dei modi di vibrare con frequenze prossime a quelle dei terreni. Nakamura (1989) ha dimostrato che i massimi dei rapporti spettrali H/V consentono di individuare correttamente la frequenza e quindi il periodo fondamentale di risonanza per le onde S.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE MISURA T1



Ampiezza picco HSVR ≥ 3	*Ampiezza picco 2 ≤ HSVR < 3*	*Ampiezza picco 1,5 ≤ HSVR < 2*	*Ampiezza picco HSVR ≤ 1,5*
contrasto impedenza elevato	***contrasto impedenza moderato***	***contrasto impedenza basso***	*assenza contrasti di impedenza*

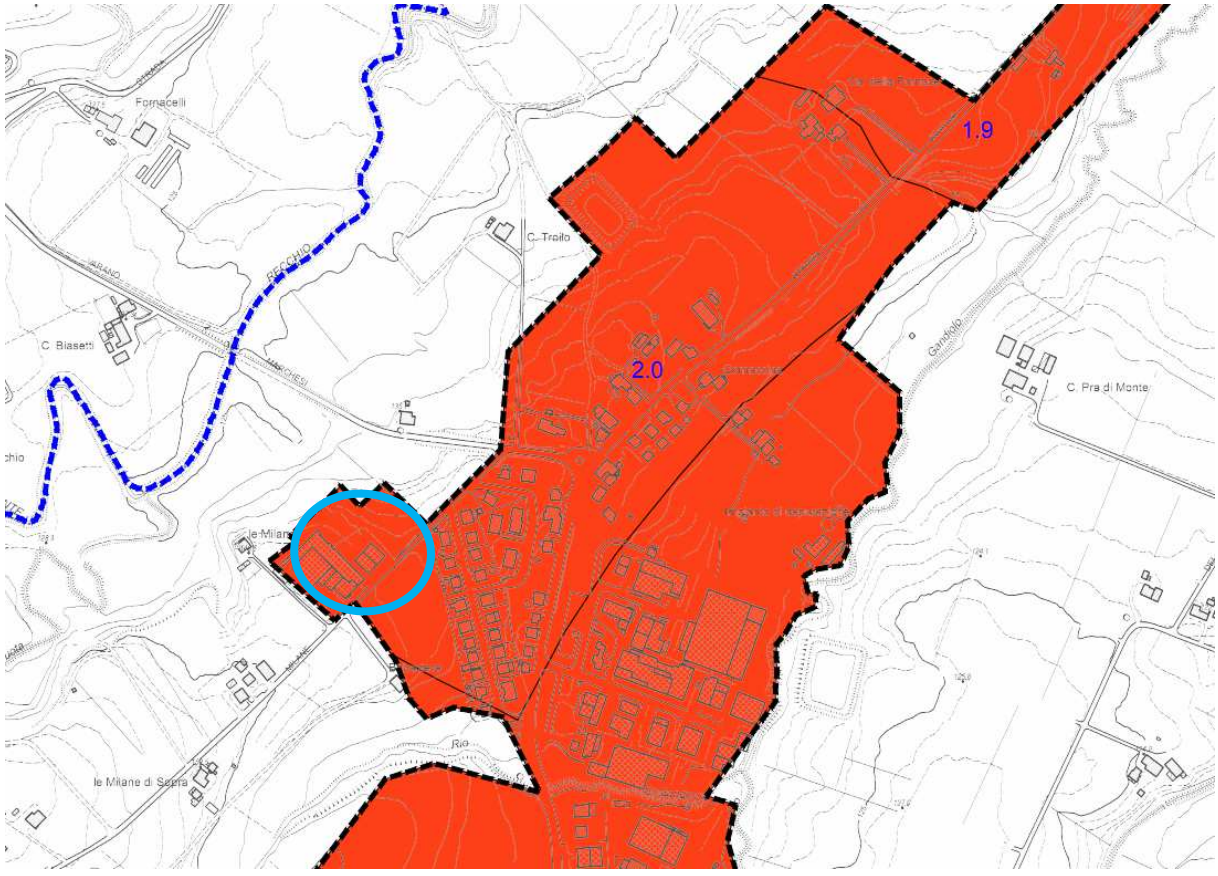
Il grafico HVSR mostra un picco di frequenza a 6,25 Hz con un contrasto d'impedenza basso all'interno del campo di frequenze di interesse ingegneristico (1÷10 Hz); non sono pertanto da escludere, in via preliminare, fenomeni significativi d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).

3.6 – MICROZONAZIONE SISMICA – ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE R.S.L.

APPROFONDIMENTO DI SECONDO LIVELLO DEL COMUNE DI MEDESANO

In riferimento allo studio di Microzonazione sismica del territorio comunale, si fa presente che dalla carta di microzonazione sismica, i fattori di amplificazione FA, direttamente confrontabili con i coefficienti di amplificazione stratigrafica Ss di cui al §3.2.3.2 delle NTC-2018, emergono i seguenti valori di FA nella zona di studio:

FA_PGA = 2.0
FA_IS 0,1S – 0,5S = 1.9
FA_IS 0,5S – 1,0S = 1.4
FA_IS 0,5S – 1,5S = NON DISP.



Stralcio Tav. 07a– F.A. PGA – Carta di Microzonazione sismica del Comune di Medesano.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

3.7 – MICROZONAZIONE SISMICA – ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (R.S.L.) - APPROFONDIMENTO DI TERZO LIVELLO

La pericolosità sismica di base, intesa in senso probabilistico, rappresenta lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Tale parametro viene valutato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag (accelerazione massima al suolo - PGA - Peak Ground Acceleration), in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (Suolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Per la valutazione dell'azione simica di progetto si è fatto riferimento ad una classe d'uso IV, con un coefficiente d'uso della costruzione (cu) pari a 2.0, stabilendo una vita nominale della costruzione (Vn) pari a 100 anni; pertanto il Periodo di riferimento considerato VR (Vn*Cu) risulta pari a 200 anni.

Di seguito viene riportata la tabella che individua, per i diversi stati limite, le probabilità di superamento nel Periodo di riferimento VR.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Stati limite		DEFINIZIONE	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;	81%
	SLD	Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature	63%
Stati limite ultimi	SLV	Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;	10%
	SLC	Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.	5%

3.7.1 - Modello geologico del sottosuolo

L'andamento delle unità stratigrafiche riconosciute nell'area in oggetto risulta pressocché piano-parallelo, pertanto si è ritenuto di poter utilizzare un modello 1D per l'analisi di Risposta Sismica Locale. I depositi continentali sono rappresentati nell'area da un'alternanza di orizzonti limoso-argillosi e orizzonti prettamente ghiaioso-sabbiosi presenti al di sopra del bedrock sismico. Il modello stratigrafico utilizzato è il seguente:

Modello 1 – Elaborazione INDAGINE SISMICA ATTIVA MASW			
Profondità alla base dello strato [m]	**Spessore strato [m]**	**Litologia prevalente**	**Vs [m/s]**
3.00	3.00	Limi e argille	291
6.00	3.00	Limi e argille	331
9.50	2.50	Limi e argille	324
14.20	4.70	Ghiaie e ghiaie sabbiose	541
28.20	18.00	Limi e argille	422
INF	INF	Bedrock sismico	650

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

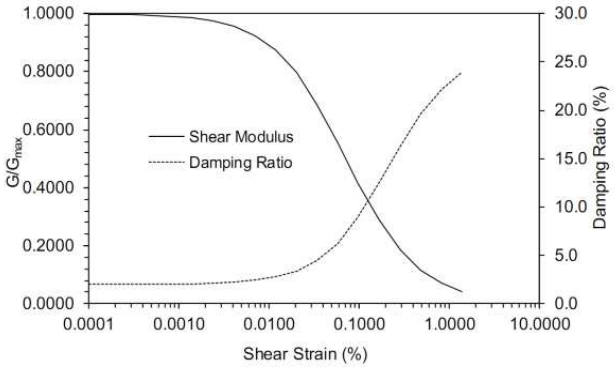
@T Ambiente e Territorio Srl

3.7.2- Curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping

Per quanto riguarda le curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping, non essendo stati analizzati direttamente e sperimentalmente tramite laboratorio ciclico, sono stati utilizzati i dati forniti dalla Regione Lombardia (curve_lombardia.xls) che trovano largo impiego anche in regioni limitrofe.

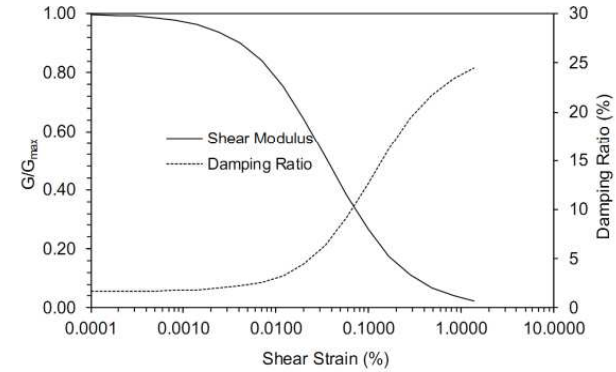
Limi argillosi (da Regione Lombardia, PoliMi2008)

Strain (%)	G/G_{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	0.9992	0.0001	1.9870
0.0002	0.9985	0.0002	1.9903
0.0003	0.9974	0.0003	1.9962
0.0005	0.9953	0.0005	2.0067
0.0008	0.9918	0.0008	2.0253
0.0014	0.9856	0.0014	2.0583
0.0024	0.9747	0.0024	2.1171
0.0041	0.9560	0.0041	2.2220
0.0070	0.9246	0.0070	2.4103
0.0119	0.8739	0.0119	2.7498
0.0202	0.7964	0.0202	3.3617
0.0343	0.6886	0.0343	4.4464
0.0583	0.5560	0.0583	6.2701
0.0990	0.4154	0.0990	9.0215
0.1684	0.2876	0.1684	12.5506
0.2862	0.1867	0.2862	16.2968
0.4866	0.1155	0.4866	19.6163
0.8272	0.0691	0.8272	22.1530
1.4063	0.0405	1.4063	23.8929



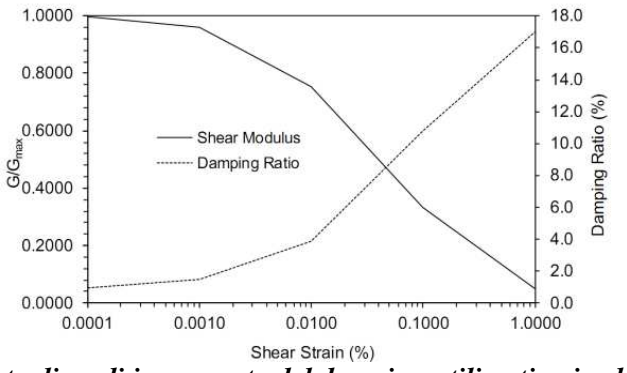
Limi sabbiosi (da Regione Lombardia, PoliMi2008)

Strain (%)	G/G_{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	0.9974	0.0001	1.6775
0.0002	0.9956	0.0002	1.6859
0.0003	0.9925	0.0003	1.7004
0.0005	0.9872	0.0005	1.7252
0.0008	0.9783	0.0008	1.7678
0.0014	0.9636	0.0014	1.8414
0.0024	0.9392	0.0024	1.9690
0.0041	0.9003	0.0041	2.1917
0.0070	0.8407	0.0070	2.5831
0.0119	0.7551	0.0119	3.2705
0.0202	0.6431	0.0202	4.4540
0.0343	0.5129	0.0343	6.3758
0.0583	0.3810	0.0583	9.1679
0.0990	0.2647	0.0990	12.6313
0.1684	0.1740	0.1684	16.2228
0.2862	0.1097	0.2862	19.3697
0.4866	0.0673	0.4866	21.7752
0.8272	0.0405	0.8272	23.4409
1.4063	0.0242	1.4063	24.5209



Ghiaie (da Regione Lombardia, PoliMi2008)

Strain (%)	G/G_{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	0.9960	0.0001	0.9488
0.0010	0.9624	0.0010	1.4981
0.0100	0.7540	0.0100	3.8938
0.1000	0.3311	0.1000	10.7935
1.0000	0.0476	1.0000	17.0087



Valori di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping utilizzati nei calcoli

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

3.7.3- Definizione del moto di input

La scelta dei segnali di input (accelerogrammi) necessari allo sviluppo del modello di calcolo monodimensionale Equivalente-Lineare (EQL) è stata condotta, sulla base dei parametri precedentemente definiti, sia secondo il criterio di spettro-compatibilità e sia secondo criteri di coerenza e similitudine con le caratteristiche sismogenetiche dell'area in studio e della magnitudo del terremoto atteso. In particolare è stata definita l'accelerazione di riferimento ag sulla base delle NTC-2018 che per l'area in oggetto è pari a 0.237 g con un tempo di ritorno di 1898 anni.

Stati limite

Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita Nominale 100

Interpolazione Media ponderata

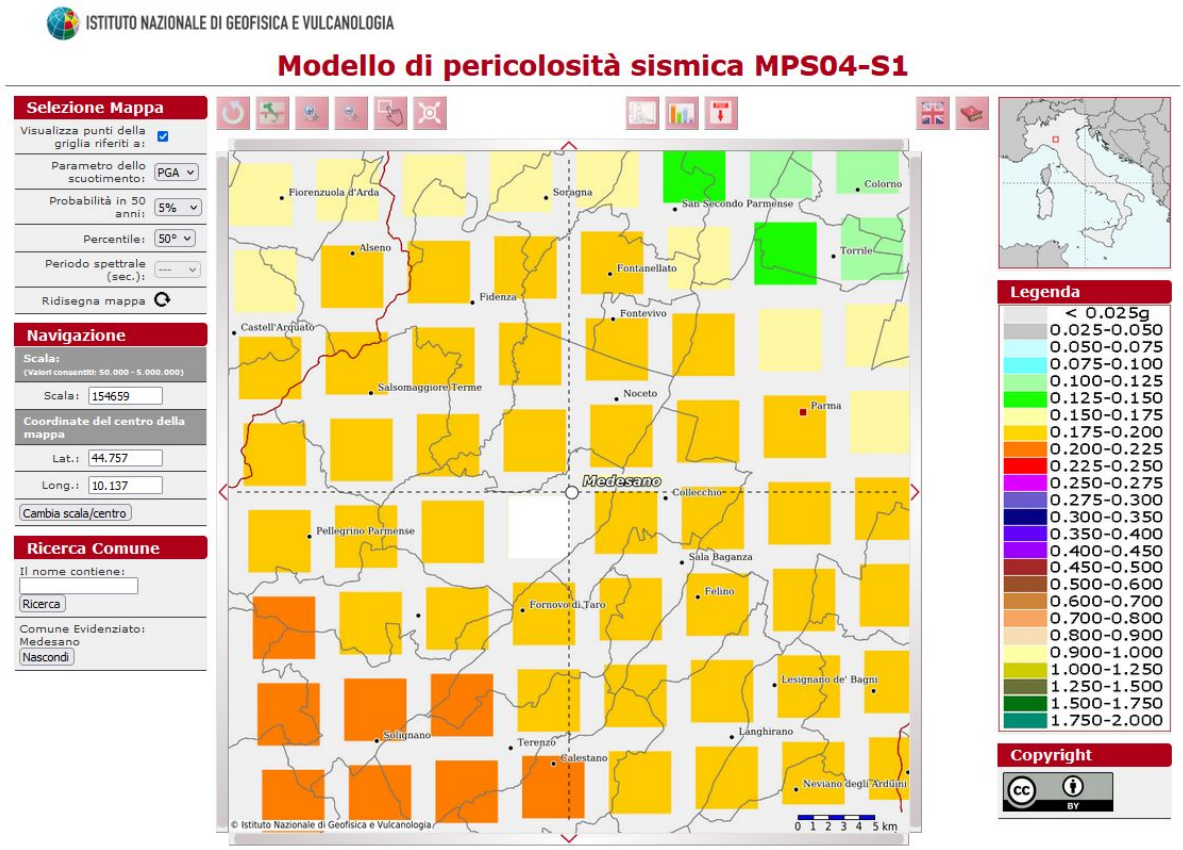
CU = 2

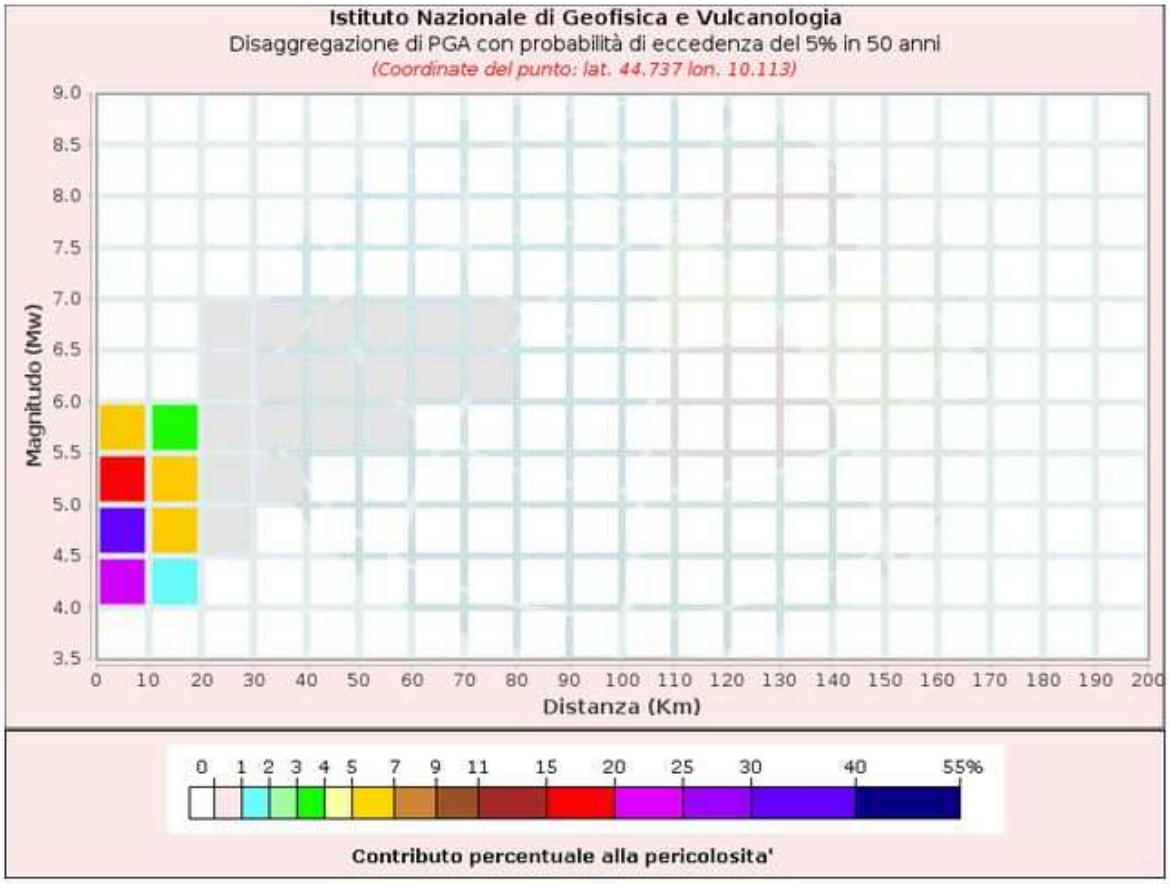
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	120	0.091	2.447	0.267
Danno (SLD)	201	0.113	2.456	0.272
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.237	2.504	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.256	2.515	0.300
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

I dati di disaggregazione riportati nel sito http://esse1.mi.ingv.it/ per i vertici identificati riferiscono valori di magnitudo (M) per a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni comprese tra 4-6 e distanze (D) comprese tra 0-20 km con valori medi di magnitudo pari a 4,88 e di distanza pari a 6.75 km.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
Modello di pericolosità sismica MPS04-S1
Selezione Mappa
Visualizza punti della griglia riferiti a:
Parametro dello scuotimento: PGA
Probabilità in 50 anni: 5%
Percentile: 50°
Periodo spettrale (sec.):
Ridisegna mappa
Navigazione
Scala:
(Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)
Scala: 154659
Coordinate del centro della mappa
Lat.: 44.757
Long.: 10.137
Cambia scala/centro
Ricerca Comune
Il nome contiene:
Ricerca
Comune Evidenziato:
Medesano
Nascondi
Fiorenzuola d'Arda
Soragna
San Secondo Parmense
Colorno
Alseno
Torrile
Fontanellato
Fidenza
Fontevivo
Castell'Arquato
Salsomaggiore Terme
Noceto
Parma
Medesano
Collecchio
Pellegrino Parmense
Sala Baganza
Felino
Fornovo di Taro
Lesignano de' Bagni
Salsomaggiore
Terenzo
Langhirano
Colestano
Neviano degli Arduini
© Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 1 2 3 4 5 km
Legenda
< 0.025g
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000
Copyright

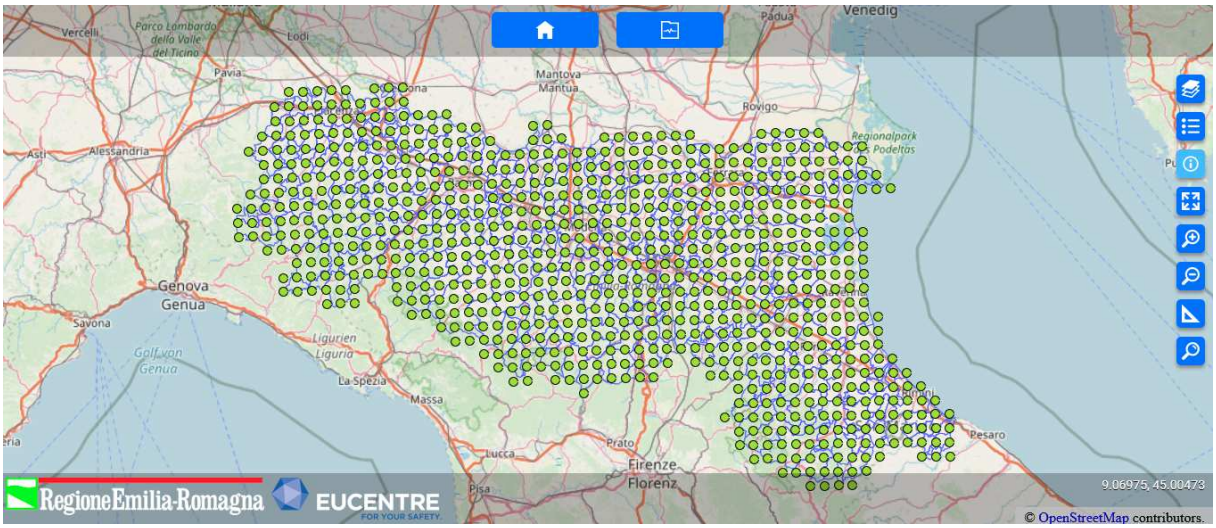

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 44.737 lon. 10.113)
Magnitudo (Mw)
9.0
8.5
8.0
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
Distanza (Km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.737 lon. 10.113)											
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	20.7000	35.6000	17.9000	6.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.8400	6.2700	6.2600	3.3900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.1120	0.7180	0.7280	0.0708	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0078	0.0943	0.1360	0.0323	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0069	0.0413	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0046	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0005	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
4.88	6.75	1.03

Per l'estrazione degli accelerogrammi di riferimento, come previsto dalla DGR 476/2021 Allegato A4, si è utilizzata la piattaforma WebGIS http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html .

L'input sismico è disponibile per ogni nodo del reticolo per i periodi di ritorno di 101, 475 e 975 anni ed è espresso in termini di un gruppo di 7 accelerogrammi reali, registrati su roccia, spettro-compatibili in media agli spettri di normativa definiti nelle NTC08.

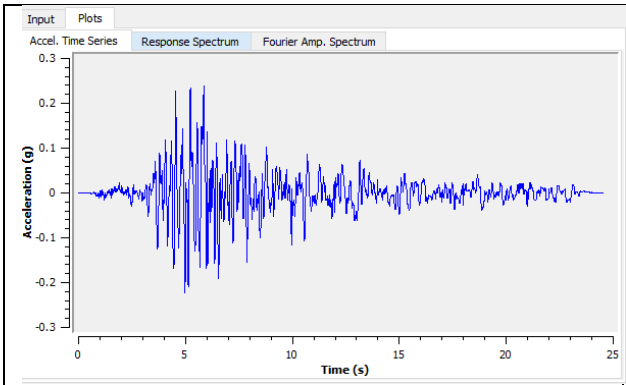


Videata del portale WebGIS con visibile la griglia per lo scaricamento degli input sismici dalla quale è stato possibile scaricare l'input sismico del nodo più vicino all'area in oggetto del reticolo di riferimento per il territorio dell'Emilia Romagna.

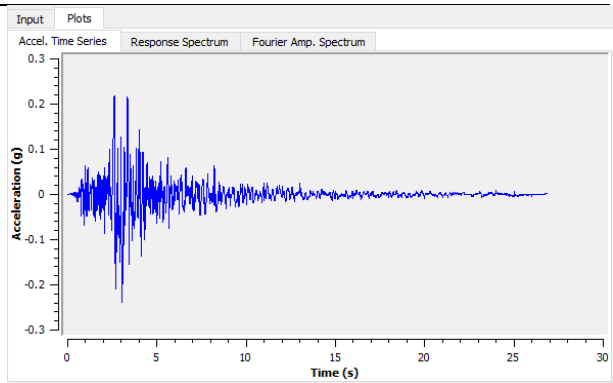
Ricadendo in Classe d'uso 4 , il tempo di ritorno per il quale effettuare l'analisi di RSL è pari a 1898 anni, dal portale WebGIS EUCENTRE della Regione E-R si sono scaricati gli input sismici del nodo più vicino all'area in oggetto (ID 15603) per il tempo di ritorno di 975 anni scalandoli poi secondo un fattore SF=1.16 (scala da ag = 0.205 ad ag = 0.237) mediante il software Strata, sulla base di un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A , per T=0, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (arefg - 5% di probabilità di superamento in 50 anni) pari a 0.237 g. Le elaborazioni sono state quindi effettuate su 7 accelerogrammi.

Di seguito si riporta l'elenco della settupla di accelerogrammi selezionata per l'analisi, con visibili i principali dati dei singoli terremoti.

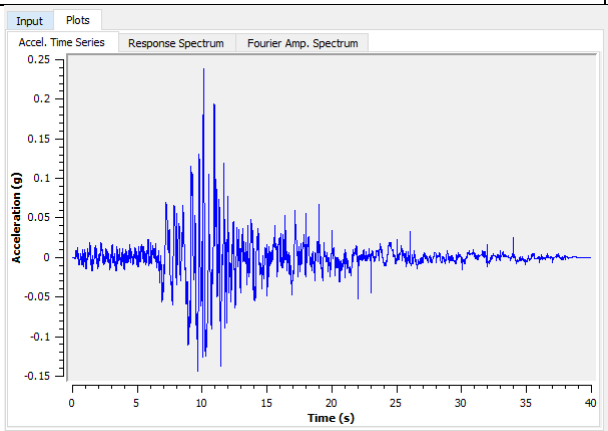
Magnitude(Mw)	Epic.Distance(km)	Scaling_Factor	Source	File_Name
6.2	29.9	2.69	ESM	EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC
5.74	12.57	1.76	NGA	RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
6.93	83.53	1.95	NGA	RSN804_LOMAP_SSF205.AT2
6.69	38.07	1.48	NGA	RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2
6.6	31	0.83	KiKnet	SMNH100010061330.EW2
6.6	37	1.59	KiKnet	SAGH010503201053.NS2
5.5	13.2	2.19	ESM	IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC



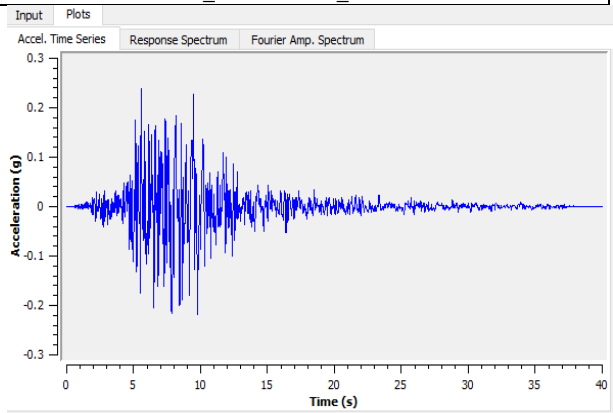
EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC



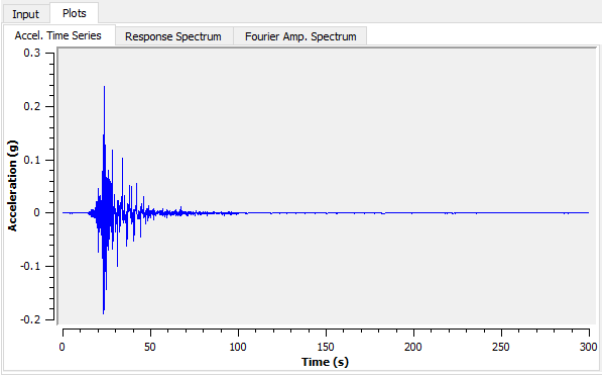
RSN146_COYOTELK_G01320.AT2



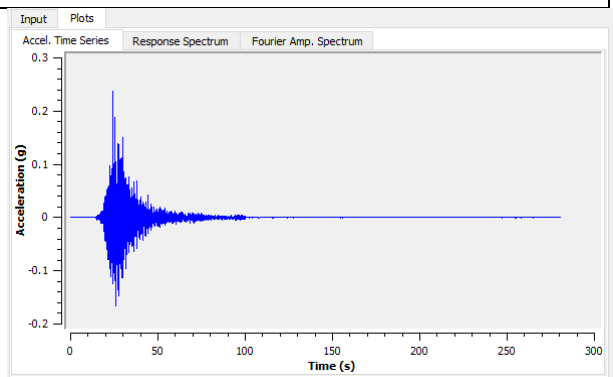
RSN804_LOMAP_SSF205.AT2



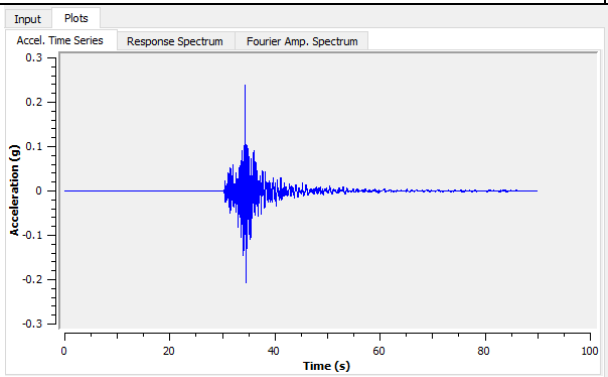
RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2



SMNH100010061330.EW2



SAGH010503201053.NS2



IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC

Accelerogrammi utilizzati per i calcoli opportunamente scalati

3.7.4- Risultati dell'analisi di risposta sismica locale

La modellazione quantitativa degli effetti di amplificazione specifici dell'area in esame è stata eseguita tramite l'ausilio del software Strata 0.80 (Kottke et al., 2010) valido per modellare situazioni piano-parallele ad uno o più strati (1D), utilizzando il modello lineare equivalente EQL in cui G e D variano al variare delle deformazioni.

Le elaborazioni sono state eseguite considerando la seguente stratigrafia tipo effettuando le elaborazioni a partire dal piano fondazionale (-1,00 m dal p.c.).

Gli spettri di risposta sono stati calcolati con un damping pari al 5%.

Sono esposte qui di seguito le statistiche del calcolo eseguito dalle quali si evince che l'errore massimo rilevato per tutte le elaborazioni è sempre sotto il 2% (valore minimo richiesto).

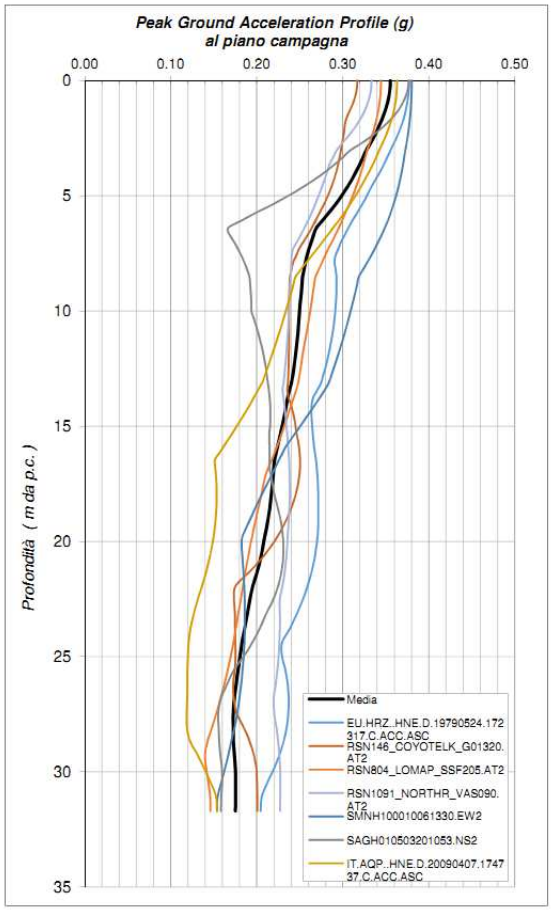
Starting Strata Calculation
7 Trials (1 Sites and 7 Motions)
[1 of 1] Generating site and soil properties
[1 of 7] Computing site response for motion: TR975_ID15603\TR975_ID15603_1.txt
Iteration: 1 Maximum Error: 222.74 %
Iteration: 2 Maximum Error: 13.60 %
Iteration: 3 Maximum Error: 2.18 %
Iteration: 4 Maximum Error: 0.37 %
[2 of 7] Computing site response for motion: TR975_ID15603\TR975_ID15603_2.txt
Iteration: 1 Maximum Error: 248.10 %
Iteration: 2 Maximum Error: 15.27 %
Iteration: 3 Maximum Error: 2.48 %
Iteration: 4 Maximum Error: 0.37 %
[3 of 7] Computing site response for motion: TR975_ID15603\TR975_ID15603_3.txt
Iteration: 1 Maximum Error: 212.49 %
Iteration: 2 Maximum Error: 14.75 %
Iteration: 3 Maximum Error: 2.53 %
Iteration: 4 Maximum Error: 0.42 %
[4 of 7] Computing site response for motion: TR975_ID15603\TR975_ID15603_4.txt
Iteration: 1 Maximum Error: 216.02 %
Iteration: 2 Maximum Error: 20.47 %
Iteration: 3 Maximum Error: 4.57 %
Iteration: 4 Maximum Error: 0.75 %
[5 of 7] Computing site response for motion: TR975_ID15603\TR975_ID15603_5.txt
Iteration: 1 Maximum Error: 267.35 %
Iteration: 2 Maximum Error: 19.10 %
Iteration: 3 Maximum Error: 3.85 %
Iteration: 4 Maximum Error: 0.88 %
[6 of 7] Computing site response for motion: TR975_ID15603\TR975_ID15603_6.txt
Iteration: 1 Maximum Error: 165.43 %
Iteration: 2 Maximum Error: 7.16 %
Iteration: 3 Maximum Error: 0.77 %
[7 of 7] Computing site response for motion: TR975_ID15603\TR975_ID15603_7.txt
Iteration: 1 Maximum Error: 121.23 %
Iteration: 2 Maximum Error: 6.84 %
Iteration: 3 Maximum Error: 1.30 %
Computing statistics.

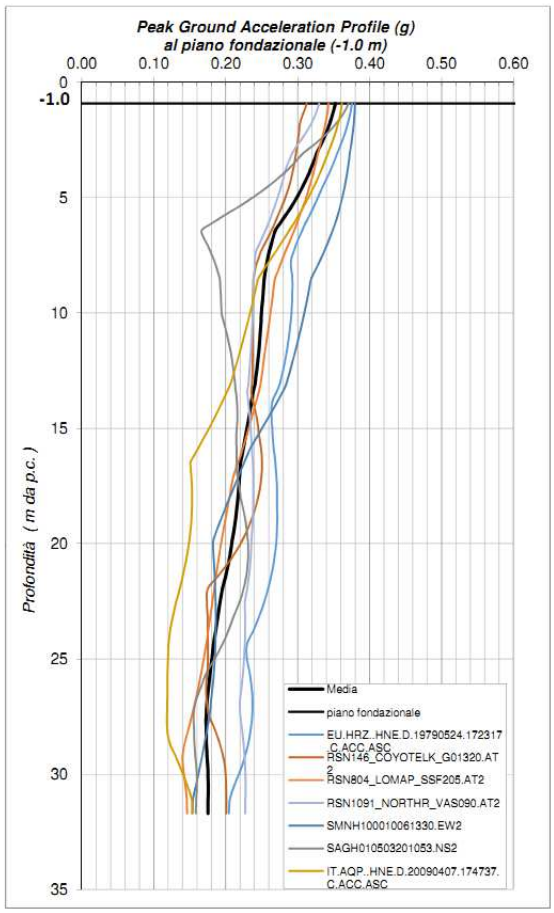
Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com
@T Ambiente e Territorio Srl

L'analisi eseguita ha fornito i risultati massimi in termini di PGA,PGV e PGD riferiti al piano campagna elencati nella tabella seguente:

	EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC	RSN146_COYOTELK_G01320.AT2	RSN804_LOMAP_SSF205.AT2	RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2	SMNH100010061330.EW2	SAGH010503201053.NS2	IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC
PGA (g)	0.383	0.319	0.350	0.336	0.387	0.378	0.369
PGV (cm/s)	27.38	28.54	23.89	22.93	30.25	17.97	16.04
PGD (cm)	3.87	6.22	10.75	5.33	9.13	7.67	1.92

Nelle figure successive sono riportati i grafici dell'accelerazione (PGA [g]), riferiti al piano campagna e al piano fondazionale (-1,00 m) con la curva nera che rappresenta il valore medio di PGA calcolato.





Dall'analisi dei tabulati dei grafici si ottengono i seguenti valori di PGA_{Max} ed i relativi coefficienti di amplificazione in termini di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) a livello del piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.).

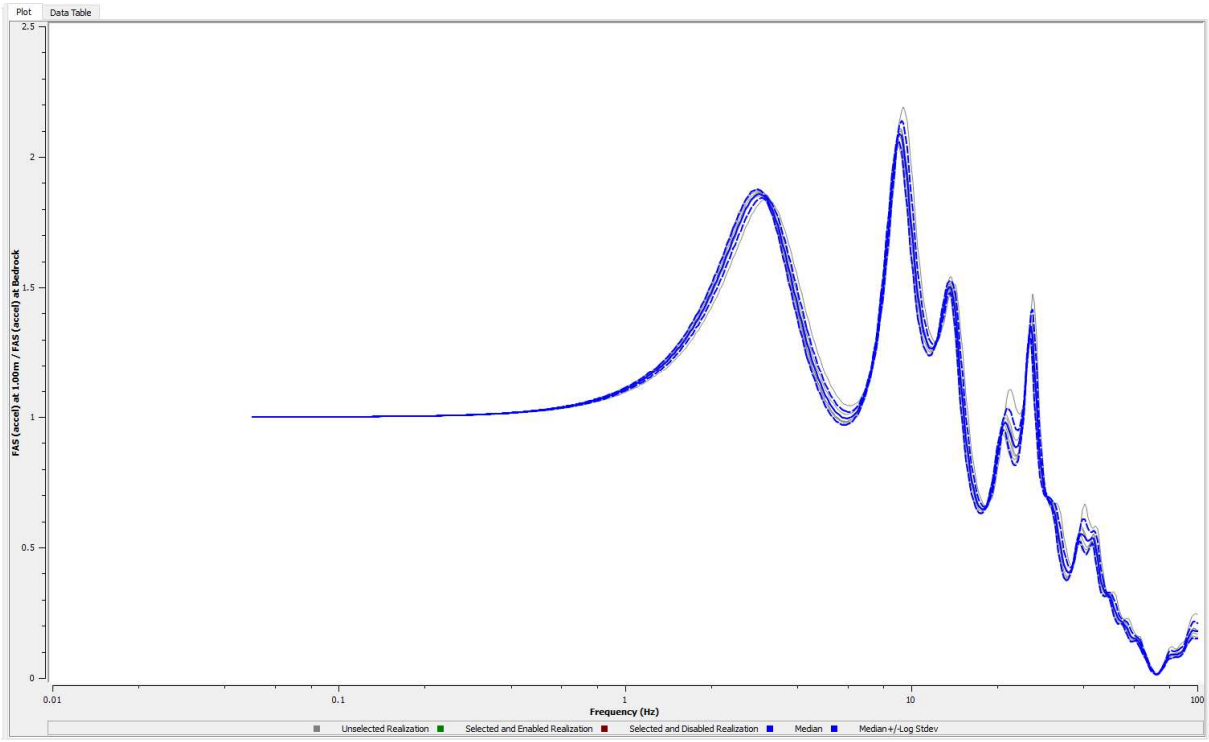
Accelerogramma	EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC	RSN146_COYOTELK_G0132 0.AT2	RSN804_LOMAP_SSF205.AT2	RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2	SMNH10 0010061 330.EW2	SAGH010 5032010 53.NS2	IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC	Mediana
PGA (g) RSL-OUTPUT	0.383	0.319	0.350	0.336	0.387	0.378	0.369	**0.360**
FA PGA	1.61	1.35	1.48	1.42	1.63	1.59	1.56	***1.52***

Dall'analisi della tabella precedente si evidenzia come i valori di PGA di Output della Risposta Sismica Locale calcolati al piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.) rispetto al valore di PGA dello spettro di Input calcolato con il software Strata pari a 0,237 relativo agli accelerogrammi scalati utilizzati nelle elaborazioni eseguite col software Strata presentino dei fattori di amplificazione Fa di PGA variabili tra 1.35 e 1.63; il valore di mediana calcolato $\mathbf{FA_{PGA}}$ è di ***1.52*** a cui corrisponde un valore di PGA medio amplificato pari a ***0.360 g***.

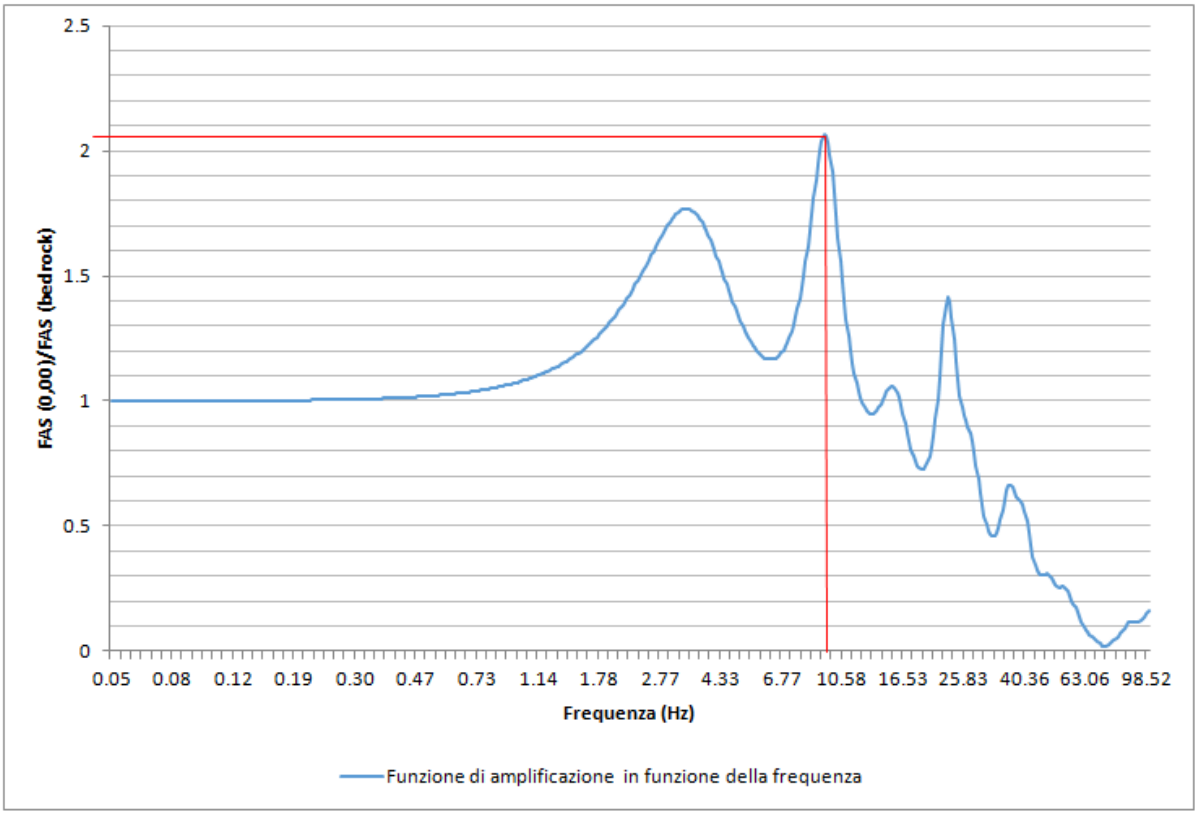
Dal grafico della funzione di amplificazione in funzione della frequenza si può evidenziare la presenza di diversi picchi; il picco maggiore, di bassa entità, ha un valore mediano di 2.08 ed è rilevato alla frequenza di 9.25 Hz mentre il secondo picco, anch'esso di bassa entità e avente valore mediano pari a 1.85, è presente alla frequenza di 2.94 Hz. Pertanto, secondo le elaborazioni del software Strata, la frequenza di 9.25 Hz, ricadente all'interno del campo di frequenze di interesse ingegneristico (1÷10 Hz), seppur evidenziata da un picco di bassa entità, rappresenta la frequenza fondamentale del deposito studiato. Non sono pertanto da escludere, in via preliminare, fenomeni d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl



Andamento della funzione di amplificazione in funzione della frequenza

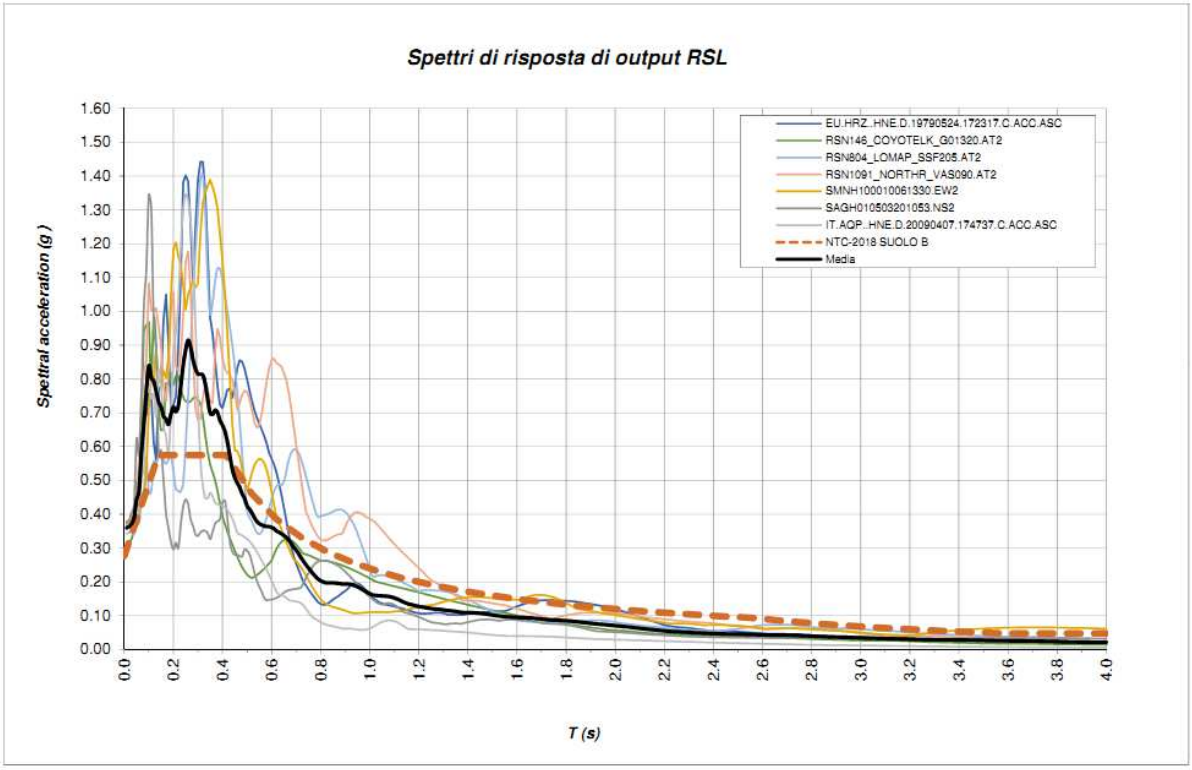


Andamento della funzione di amplificazione in funzione della frequenza – Valore mediato

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

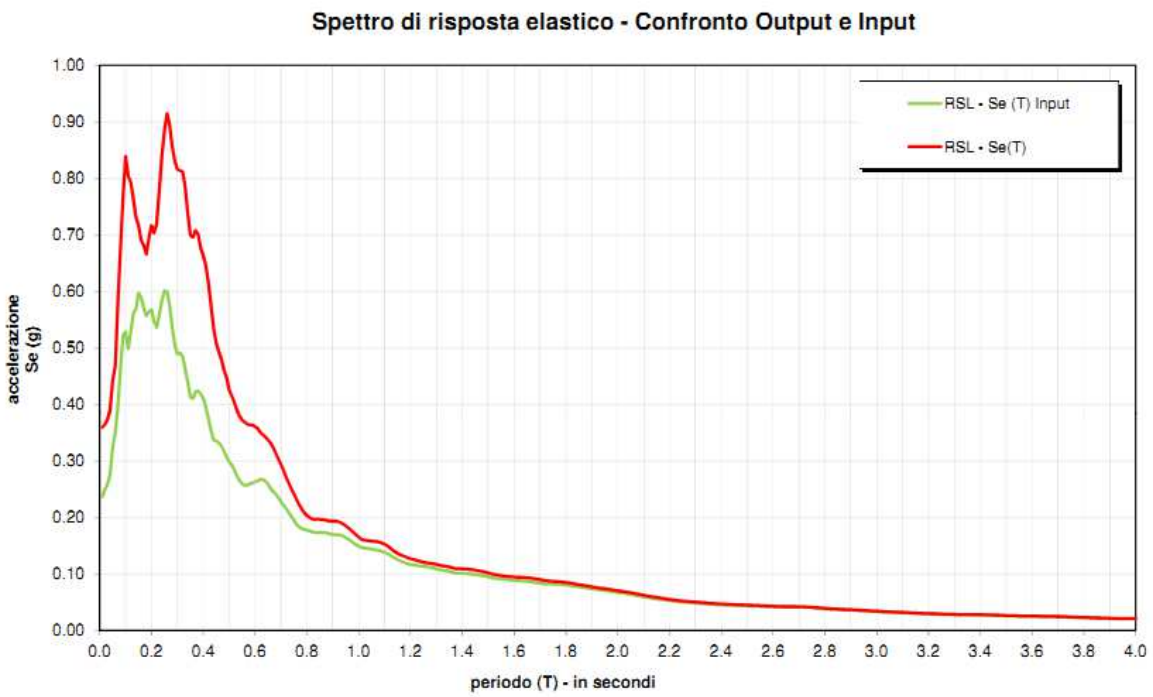
Nel grafico seguente si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate in termini di spettri di risposta elastico in accelerazione massima orizzontale al piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.). Nel grafico sono presenti tutte le elaborazioni di Output con la curva nera indicante lo spettro medio risultante della RSL. Per confronto è riportato inoltre lo spettro ottenuto utilizzando un sottosuolo di categoria B con il metodo semplificato delle NTC-2018 (linea rossa tratteggiata).



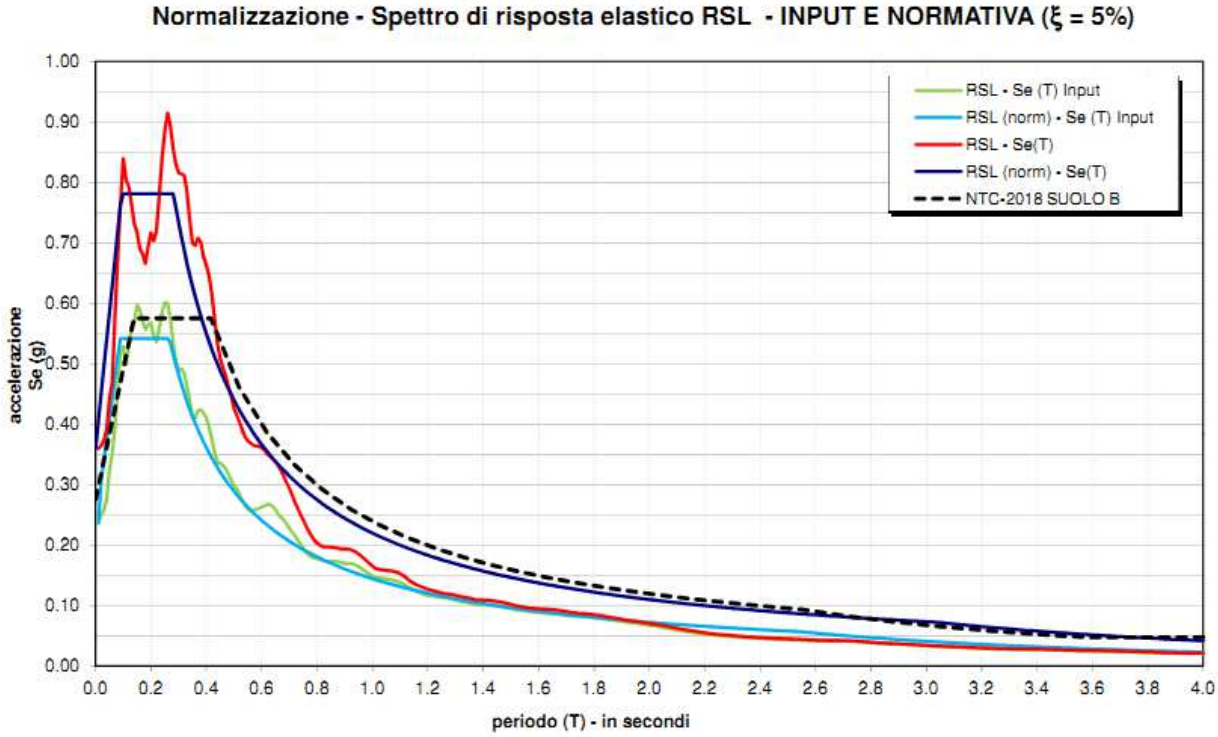
Nel grafico seguente è riportato lo spettro medio risultante di output (curva rossa) e lo spettro medio di input (curva verde) dal quale si evince graficamente l'amplificazione di sito in base al periodo.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl



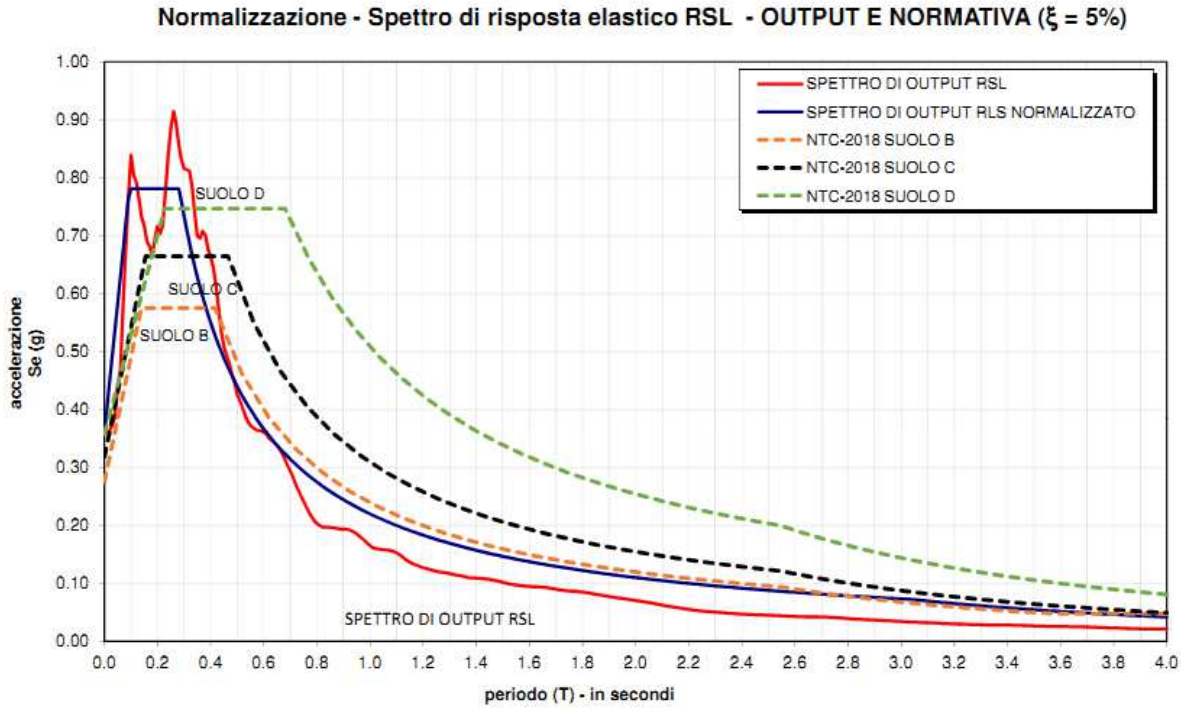
Nel grafico seguente, oltre agli spettri medi di input ed output sono stati plottati sia i loro corrispettivi normalizzati (curva azzurra e blu) che lo spettro ottenuto utilizzando un sottosuolo di categoria B con il metodo semplificato delle NTC-2018 (linea nera tratteggiata).



Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Nel grafico seguente sono stati plottati lo spettro medio di output normalizzato e non (curva blu e curva rossa) risultanti dal presente studio della RSL e gli spettri ottenuti utilizzando i sottosuoli di categoria B, C e D con il metodo semplificato delle NTC-2018 (linee tratteggiate).



I fattori di amplificazione per i diversi intervalli spettrali calcolati rispetto allo spettro di input sono i seguenti:

- ***Fattore di Amplificazione PGA : 1.52***
- ***Valore della PGA media rilevata sul sito in esame al piano fondazionale (-1,0 m) : 0.360 g***
- ***Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.1-0.5 s (FA_IS $_{0.1\text{-}0.5}$) : 1.48***
- ***Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.0 s (FA_IS $_{0.5\text{-}1.0}$) : 1.27***
- ***Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.5 s (FA_IS $_{0.5\text{-}1.5}$) : 1.20***

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Analizzando i fattori di amplificazione calcolati al piano fondazionale (-1.0 m dal p.c.) si evince che l'analisi di RSL ha evidenziato un'amplificazione di sito FA_{PGA} pari a 1,52; il fattore di amplificazione calcolato risulta inferiore a quello individuato nello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello del Comune di Medesano, calcolato al piano campagna, che è pari a 2,0.

Si riportano qui di seguito i valori dell'amplificazione di sito FA_{PGA} calcolati con la presente RSL sia al piano campagna che a quote inferiori (eventuali diverse quote d'imposta del piano fondazionale).

Quota	PGA_{MAX}	F.A. PGA
Piano campagna	0.364 g	1.54
-1 m	0.360 g	1.52
-2 m	0.340 g	1.43
-3 m	0.326 g	1.37

3.7.5 – Riepilogo risultati studio di "RSL"

Per il caso in esame è stata eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale a partire dalla quota del piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.) i cui risultati hanno portato ad un valore medio di PGA_{MAX} pari a 0,360 g con un fattore di amplificazione (PGA/PGA0) medio pari a 1.52.

In allegato alla presente relazione sono riportati i tabulati con i dati degli spettri di risposta di output della RSL.

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE		**Fattori di Amplificazione Microzonazione Sismica Comune di Medesano al piano campagna**
Valore della PGA_0 di riferimento da Norme Tecniche per la Costruzioni (NTC-2018) - Classe d'uso IV – Vn 100 anni	**0.237**	
Valore della PGA media rilevata sul sito in esame al piano fondazionale (-1,0 m)	**0.360**	
Fattore di Amplificazione (FA_{PGA}) al piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.)	**1.52**	**2.0**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.1-0.5 s ($FA_IS_{0.1-0.5}$)	**1.48**	**1.9**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.0 s ($FA_IS_{0.5-1.0}$)	**1.27**	**1.4**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.5 s ($FA_IS_{0.5-1.5}$)	**1.20**	**non disp.**

3.8 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione è il processo per il quale si giunge all'annullamento della resistenza al taglio di terreni qualora sottoposti allo scuotimento di un terremoto.

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un fluido viscoso. Il fenomeno, che si verifica in particolare nelle sabbie fini e nei limi in falda con densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione di confinamento e conseguentemente la tensione efficace si riduce a zero.

In generale si può osservare che i depositi più facilmente liquefacibili sono i terreni recenti, i terreni di bonifica ed in generale i depositi non consolidati caratterizzati da:

- profondità dello strato potenzialmente liquefacibile < 15 m dal p.c.;
- falda molto superficiale (profondità inferiore ai 5 m dal p.c.);
- densità relativa Dr < 60 %;
- diametro medio: 0,02 mm < D50 < 2 mm;
- frazione dei fini (diametro < 0.005 mm) < 15%

Le condizioni scatenanti che riguardano le caratteristiche sismiche sono:

- magnitudo M > 5.5;
- PGA > 0.15 g;
- durata > 15-20 sec.

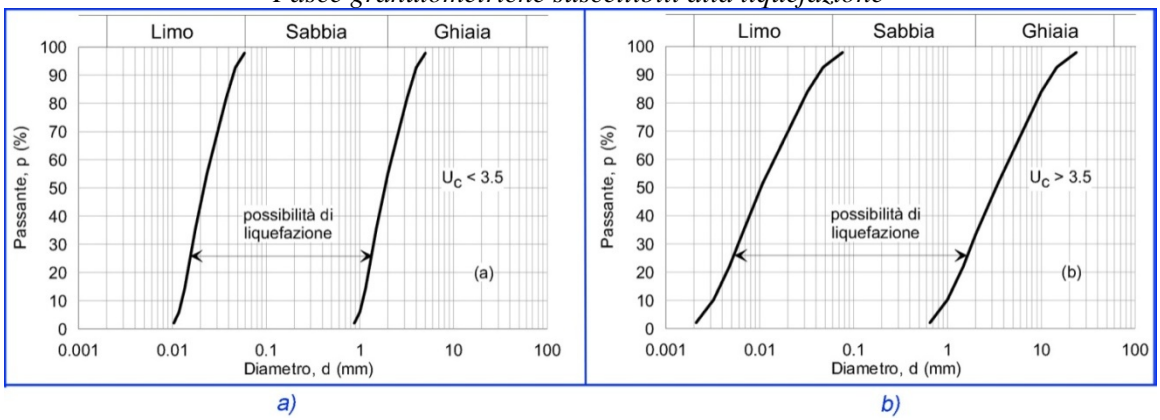
Per quanto concerne gli aspetti relativi alla stabilità del sito nei confronti del fenomeno della liquefazione si fa presente che la vigente normativa tecnica per le costruzioni (NTC-18)

precisa che la verifica a liquefazione può essere omessa 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 0,1 g
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni dirette 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 in a) della seguente immagine, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5, ed in b) della medesima nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc> 3,5 (b), dove Uc = D60/D10 con D60 diametro equivalente passante al 60% e D10 diametro equivalente passante al 10%.

E' noto i che i materiali più suscettibili a fenomeni di liquefazione in seguito a sollecitazioni sismiche sono quelli prettamente sabbiosi posti sotto falda a profondità relativamente basse.

Fasce granulometriche suscettibili alla liquefazione



a) b)

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

Considerato che nessuna delle quattro condizioni di cui sopra elencate è pienamente soddisfatta occorre procedere alla valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

La verifica consiste nella stima alle varie profondità di un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto fra la resistenza alla liquefazione del terreno (CRR) e lo sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma (CSR).

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Le verifiche possono essere di tipo puntuale (singoli livelli) o globale (sull'intera colonna stratigrafica).

Il parametro CRR può essere ottenuto attraverso correlazioni semi-empiriche con prove in sito (prove penetrometriche statiche, dinamiche (SPT) o mediante misura delle velocità delle onde S. La grandezza CSR è funzione dell'accelerazione sismica orizzontale max in superficie e della magnitudo.

Le NTC-2018 non indicano un valore specifico di Fs di riferimento, lasciando al progettista la scelta e la motivazione del margine di sicurezza.

L'Eurocodice 8 suggerisce, nel caso di impiego di correlazioni semi-empiriche, che un terreno debba essere considerato liquefacibile se lo sforzo di taglio indotto dal terremoto superi l'80% della resistenza mobilitata dal terreno.

$$CSR >= 0.80\ CRR$$

Questo comporta un coefficiente di sicurezza limite paria Fs = CRR/CSR = 1.25.

Adottando la metodologia di verifica dell'Eurocodice 8 il valore di Fs calcolato dove essere maggiore di 1,25 per considerare i depositi non liquefacibili.

In accordo con la normativa vigente si è adottata una procedura di calcolo semplificata.

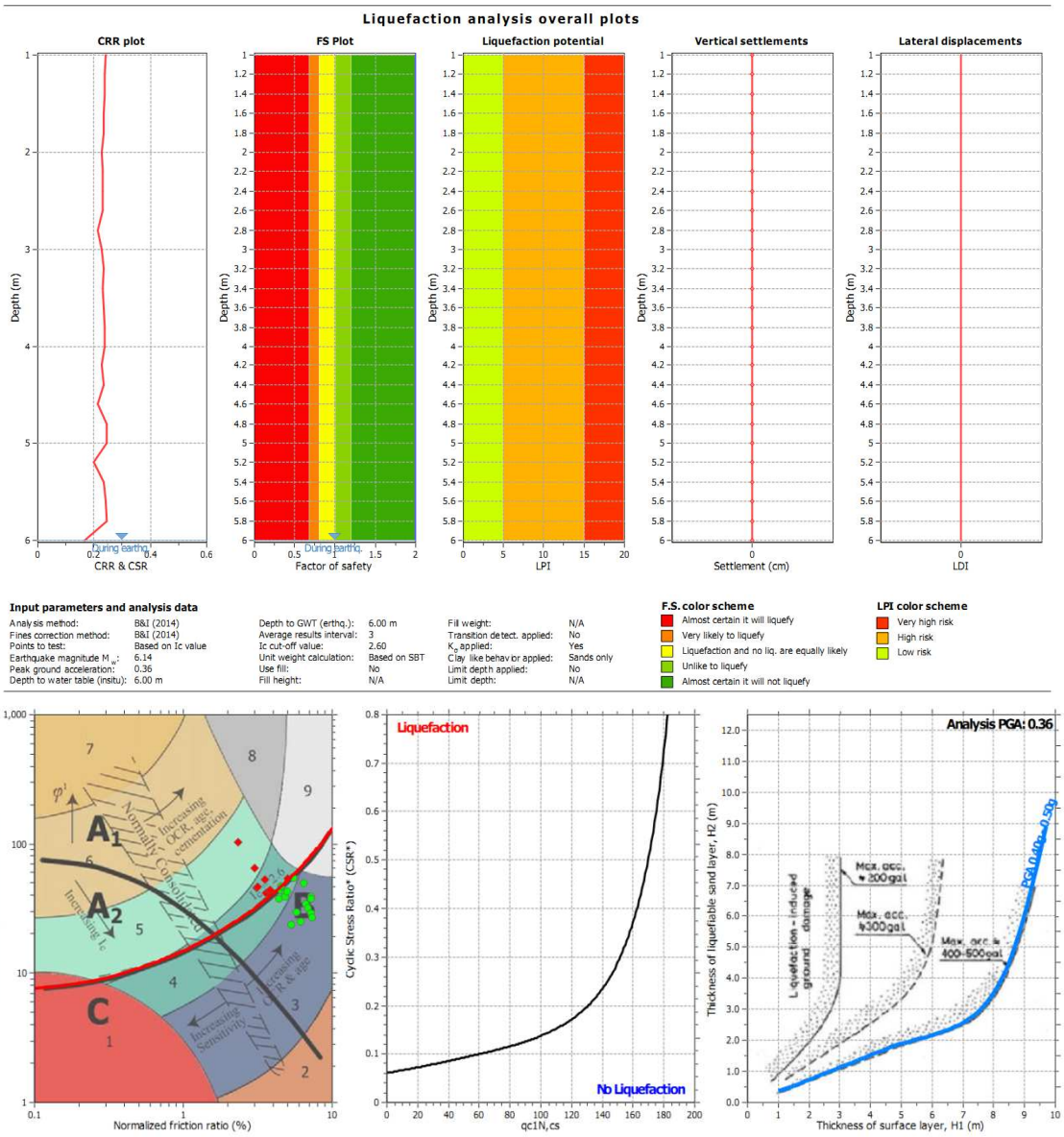
Per la verifica alla liquefazione sono stati utilizzati i dati provenienti dalla prova CPT eseguita nell'area, una Magnitudo pari a 6,14 (Richter), prevista per la zona sismogenetica n. 913, ed una accelerazione massima ricavata dall'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) eseguita dal quale si è ottenuto un valore medio di PGA pari a 0.360 g.

Si fa presente che il valore medio di accelerazione calcolato con la RSL (analisi Terzo livello), pari a 0.360, è inferiore a quello che si sarebbe dovuto utilizzare con la procedura semplificata che sarebbe stato pari a 0,274, essendo l'accelerazione attesa per la zona dalla classificazione nazionale pari a 0,237 g, il coefficiente d'amplificazione stratigrafica pari a 1,18 (Suolo B) e il coefficiente di amplificazione topografica pari a 1.

In accordo anche con quanto raccomandato nella DGR Emilia-Romagna n.630/2019, recante gli aggiornamenti agli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" si è utilizzato il metodo semplificato Boulanger & Idriss (2014).

Per le elaborazioni si è utilizzato il software CLiq v.3.0.2.4 della Geologismiki Geotechnical Software; dai calcoli eseguiti risulta che, per i terreni costituenti i depositi nell'area oggetto di studio, il valore massimo calcolato dal software dell'indice di potenziale liquefazione (LPI o IL, Iwasaki et al. 1982), riscontrato nella prova CPT1, è pari a 0,00 mentre relativamente ai cedimenti indotti da sisma l'elaborazione computerizzata, sempre nella prova CPT1 , ha individuato un cedimento post-sismico di 0,00 cm.

Sono qui di seguito esposti i principali risultati dei calcoli per la prova penetrometrica CPT 1.



In base alla Classificazione di Sonmez (2003), a cui si deve far riferimento secondo la DGR 630/2019 per la microzonazione sismica in Emilia-Romagna, il valore dell'indice di potenziale liquefazione calcolato indica un rischio "nullo" (CPT 1) di potenziale di liquefazione.

TABELLA 1 – CLASSI DI POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SECONDO SONMEZ (2003)

LPI	Potenziale di liquefazione
0	Non liquefacibile (FSL ≥ 1.2)
0 < LPI ≤ 2	Basso
2 < LPI ≤ 5	Moderato
5 < LPI ≤ 15	Alto
15 < LPI	Molto alto

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

4 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica-sismica e geotecnica ha riguardato i risultati delle indagini geognostiche, lo studio geologico-sismico, la stima dei parametri geotecnici interessati dal progetto di adeguamento sismico dell'edificio capannone sede della futura Protezione Civile in Strada delle Milane in comune di Medesano (PR).

La presente relazione concerne altresì la definizione della Risposta Sismica Locale, con analisi sismica di 3° livello, dei terreni di fondazione.

Scopo del presente lavoro è quello di fornire un quadro generale geologico-morfologico-idrogeologico e sismico di tutta l'area interessata dal progetto e di caratterizzare dal punto di vista geotecnico e geomeccanico tutte le litologie presenti, per permettere ai progettisti delle strutture di poter operare le opportune scelte del caso.

In fase d'esecuzione degli scavi per la realizzazione di eventuali corpi fondazionali o consolidamenti si prescrive di verificare, mediante supervisione geologica, le considerazioni di natura geologico-geotecnica assunte in questo elaborato.

I sopralluoghi effettuati non hanno messo in evidenza fenomeni di instabilità geomorfologica del terreno.

Per quanto concerne la stratigrafia di dettaglio dell'area, oltre ad un terreno di riporto antropico ghiaioso-ciottoloso, con uno spessore variabile di 1-1,5 m circa a secondo dei luoghi, si hanno terreni coesivi argilloso-limosi, da consistenti a molto consistenti, sino ad una profondità di 6,5-8,5 m circa dal p.c. e oltre si ha la presenza di terreni granulari costituiti da

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

ghiaie, ghiaie sabbiose e ghiaie ciottolose, da molto addensate a estremamente addensate, che si estendono in profondità per alcuni metri sino a 14-15 m dal p.c.. Più in profondità sino a 30-31 m circa sono presenti terreni fini coesivi sovra consolidati ad elevato grado di consistenza (Argille l.s.).

Nel corso delle indagini (novembre 2021) è stata rinvenuta la falda alle profondità di 6-7 m dal p.c..

Il territorio oggetto di intervento ricade nel Comune di Medesano, classificato a media-bassa sismicità (Zona 3) ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell'8-5-2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Da indicazioni ricevute dalla committenza, la classe d'uso delle strutture in progetto rientra nella classe IV con vita nominale VN di 100 anni, caratteristica di "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamnità" con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, i terreni di fondazione presenti lungo la verticale dell'area d'intervento, da quanto si è potuto sino ad ora stimare nei primi 30 m di profondità, appartengono alla categoria "B

L'area in esame si presenta sub pianeggiante per cui non sono previsti effetti di amplificazione legati alla topografia. Il fattore ST (coefficiente di amplificazione topografica) è valutato quindi pari a 1.

Non sono da escludere, in via preliminare, fenomeni significativi d'amplificazione sismica per effetti di doppia risonanza (frequenza naturale edificio = frequenza naturale terreni di fondazione).

L'analisi di Microzonazione sismica di 2° livello del territorio comunale evidenzia i seguenti fattori di amplificazione FA nella zona di interesse:

- FA_PGA = 2,0
- FA_IS 0,1S – 0,5S = 1,9
- FA_IS 0,5S – 1,0S =1,4

Per il caso in esame è stata eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale a partire dalla quota del piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.) i cui risultati hanno portato ad un valore medio di PGA_{MAX} pari a 0,360 g con un fattore di amplificazione (PGA/PGA0) medio pari a 1.52.

Analizzando i fattori di amplificazione calcolati al piano fondazionale (-1.0 m dal p.c.) si evince che l'analisi di RSL ha evidenziato un'amplificazione di sito FA_{PGA} pari a 1,52; il fattore di amplificazione calcolato risulta inferiore a quello individuato nello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello del Comune di Medesano, calcolato al piano campagna, che è pari a 2,0.

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE		Fattori di Amplificazione Microzonazione Sismica Comune di Medesano al piano campagna
Valore della PGA_0 di riferimento da Norme Tecniche per la Costruzioni (NTC-2018) - Classe d'uso IV – Vn 100 anni	**0.237**	
Valore della PGA media rilevata sul sito in esame al piano fondazionale (-1,0 m)	**0.360**	
Fattore di Amplificazione (FA_{PGA}) al piano fondazionale (-1,0 m dal p.c.)	**1.52**	**2.0**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.1-0.5 s ($FA_IS_{0.1-0.5}$)	**1.48**	**1.9**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.0 s ($FA_IS_{0.5-1.0}$)	**1.27**	**1.4**
Fattore di Amplificazione intensità spettrale Periodo 0.5-1.5 s ($FA_IS_{0.5-1.5}$)	**1.20**	**non disp.**

Le verifiche in ordine alla stabilità' del sito nei confronti della liquefazione, eseguite in accordo alla normativa vigente, hanno consentito di considerare i depositi presenti come non liquefacibili.

In conclusione, da quanto emerge dal presente elaborato in ordine alle caratteristiche geo-morfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito, fatte salve le prescrizioni impartite, l'area oggetto di studio è suscettibile di intervento edificatorio.

Parma, novembre 2021

il geologo
Dott. Geol. Alberto Trivioli



Collaborazione:

Dott. Geol. Giuseppe Sanna

Studio di Geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43121 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@gmail.com

@T Ambiente e Territorio Srl

ALLEGATO 1

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE


Medesano (PR) - Via delle Milane
Nuova sede della Protezione Civile
Ubicazione prove geognostiche
Legenda
CPT= Prove penetrometriche statiche
DPSH = Prove penetrometriche dinamiche
T1= Misura di sismica passiva HVSR
Traccia stendimento sismica attiva MASW
DPSH 3
T1
DPSH 2
CPT 1
DPSH 1
Google Earth
N
50 m

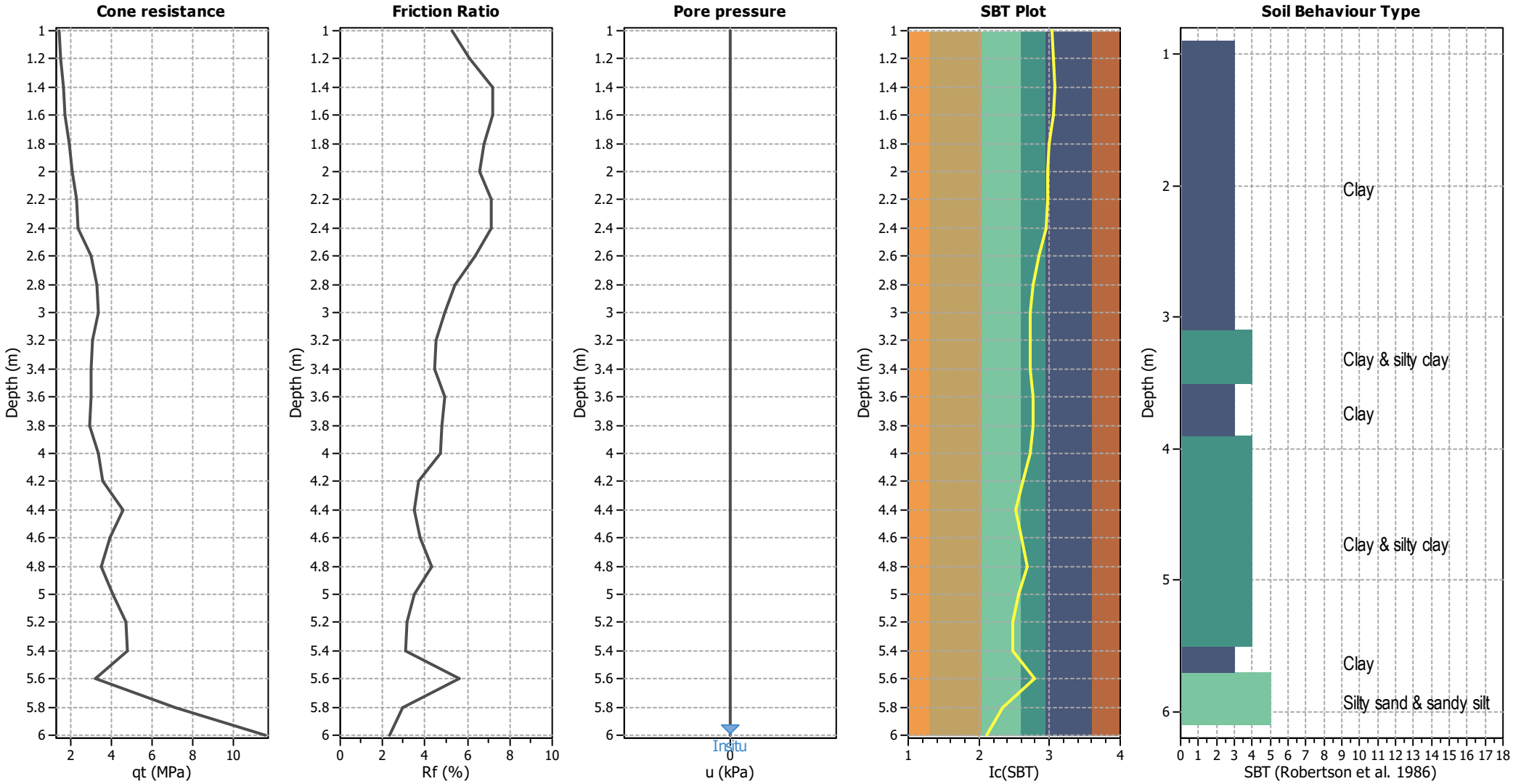
ALLEGATO 2

PROVE PENETROMETRICHE

This software is licensed to: Alberto Trivioli

CPT name: CPT1

CPT basic interpretation plots



Data esecuzione prova: 12/11/2021

SBT legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to
9. Very stiff fine grained

:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m^3)
1	1.00	1.40	66.67	0.00	49.53	18.10
2	1.20	1.50	93.33	0.00	51.32	18.33
3	1.40	1.60	113.33	0.00	53.01	18.66
4	1.60	1.80	146.67	0.00	51.85	18.75
5	1.80	1.80	113.33	0.00	48.76	18.85
6	2.00	2.20	133.33	0.00	46.98	18.91
7	2.20	2.20	160.00	0.00	47.01	19.16
8	2.40	2.40	193.33	0.00	46.26	19.22
9	2.60	2.50	153.33	0.00	40.33	19.45
10	2.80	4.10	226.67	0.00	36.43	19.40
11	3.00	3.20	153.33	0.00	34.89	19.32
12	3.20	2.70	113.33	0.00	35.49	19.08
13	3.40	3.30	146.67	0.00	36.44	19.04
14	3.60	3.00	140.00	0.00	38.55	19.17
15	3.80	2.80	160.00	0.00	39.42	19.08
16	4.00	3.00	120.00	0.00	38.01	19.27
17	4.20	4.20	193.33	0.00	33.89	19.11
18	4.40	3.60	86.67	0.00	30.11	19.41
19	4.60	6.00	200.00	0.00	33.84	19.27
20	4.80	2.30	160.00	0.00	38.43	19.26
21	5.00	2.30	100.00	0.00	33.59	19.23
22	5.20	7.60	166.67	0.00	30.39	19.32
23	5.40	4.20	173.33	0.00	30.28	19.33
24	5.60	2.60	100.00	0.00	47.22	19.41
25	5.80	2.80	266.67	0.00	25.34	19.90
26	6.00	16.00	266.67	0.00	17.39	20.35

Abbreviations

Depth:	Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_c:	Measured cone resistance (MPa)
f_s:	Sleeve friction resistance (kPa)
u:	Pore pressure (kPa)
Fines content:	Percentage of fines in soil (%)
Unit weight:	Bulk soil unit weight (kN/m^3)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA "DPSH ("SCPT")
(dinamic probing super heavy)

Committente:	Comune di Medesano
Località:	Medesano (PR) - Via delle Milane
Quota inizio:	p.c.
Profondità Falda:	non rilevata a fondo foro
Note: Procedura di riferimento "ISSMFE '88", "DIN 4094", "AGI '77"	
Esecuzione prova:	12/11/2021

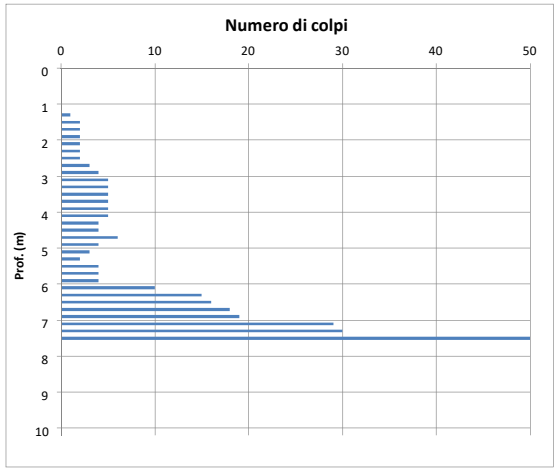
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA DPSH 1

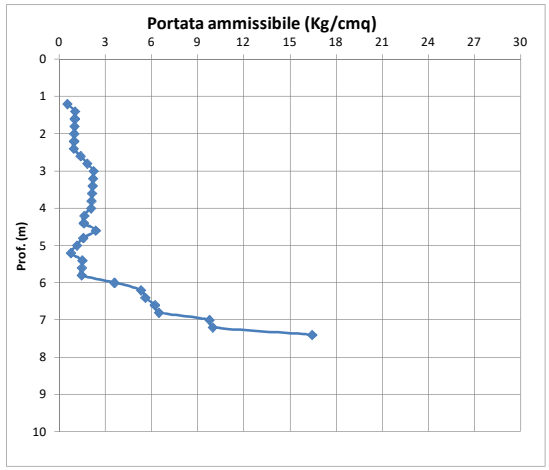
LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	<	Np	qd	qamm	qd->qc	E
metri		numero di colpi	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	MPa
0.0						
0.2						
0.4						
0.6						
0.8						
1.0						
1.2		1	10.5	0.52	8.7	9
1.4		2	20.5	1.03	17.1	17
1.6		2	20.1	1.01	16.8	17
1.8		2	19.8	0.99	16.5	16
2.0		2	19.4	0.97	16.2	16
2.2		2	19.1	0.95	15.9	16
2.4		2	18.8	0.94	15.6	16
2.6		3	27.7	1.38	23.1	23
2.8		4	36.3	1.81	30.2	30
3.0		5	44.6	2.23	37.2	37
3.2		5	43.9	2.19	36.6	37
3.4		5	43.2	2.16	36.0	36
3.6		5	42.5	2.13	35.4	35
3.8		5	41.9	2.09	34.9	35
4		5	41.3	2.06	34.4	34
4.2		4	32.5	1.63	27.1	27
4.4		4	32.0	1.60	26.7	27
4.6		6	47.4	2.37	39.5	39
4.8		4	31.1	1.56	25.9	26
5		3	23.0	1.15	19.2	19
5.2		2	15.1	0.76	12.6	13
5.4		4	29.9	1.49	24.9	25
5.6		4	29.4	1.47	24.5	25
5.8		4	29.1	1.45	24.2	24
6		10	71.7	3.58	59.7	60
6.2		15	106.2	5.31	88.5	88
6.4		16	111.8	5.59	93.2	93
6.6		18	124.2	6.21	248.3	248
6.8		19	129.4	6.47	258.9	259
7		29	195.1	9.76	390.3	390
7.2		30	199.4	9.97	398.8	399
7.4		50	328.4	16.42	656.7	657
7.6						
7.8						
8						
8.2						
8.4						
8.6						
8.8						
9						
9.2						
9.4						
9.6						
9.8						
10						
10.2						
10.4						
10.6						
10.8						
11						
11.2						
11.4						
11.6						
11.8						
12						
12.2						
12.4						
12.6						
12.8						
13						
13.2						
13.4						
13.6						
13.8						
14						
14.2						
14.4						
14.6						
14.8						
15						

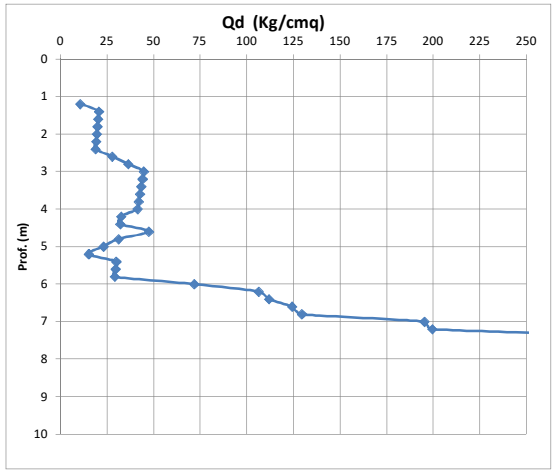
AMBIENTE E TERRITORIO SRL PROVA DPSH 1



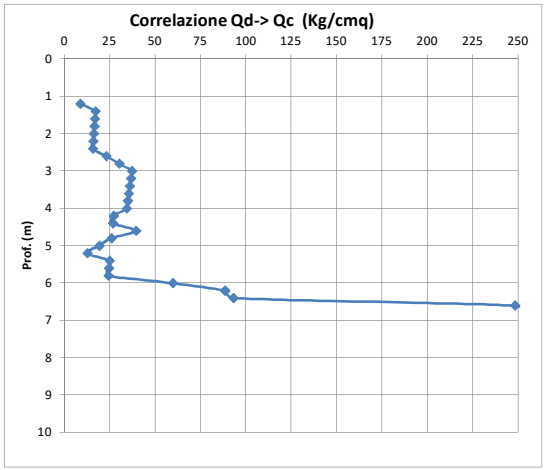
PROVA DPSH 1



AMBIENTE E TERRITORIO SRL PROVA DPSH 1



PROVA DPSH 1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA "DPSH ("SCPT")
(dinamic probing super heavy)

Committente:	Comune di Medesano
Località:	Medesano (PR) - Via delle Milane
Quota inizio:	p.c.
Profondità Falda:	non rilevata a fondo foro
Note: Procedura di riferimento "ISSMFE '88", "DIN 4094", "AGI '77"	
Esecuzione prova:	12/11/2021

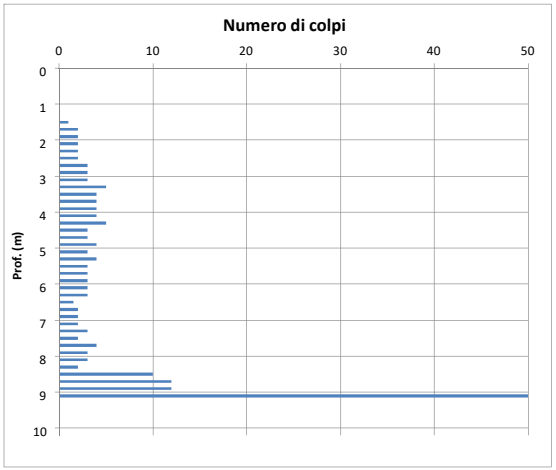
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA DPSH 2

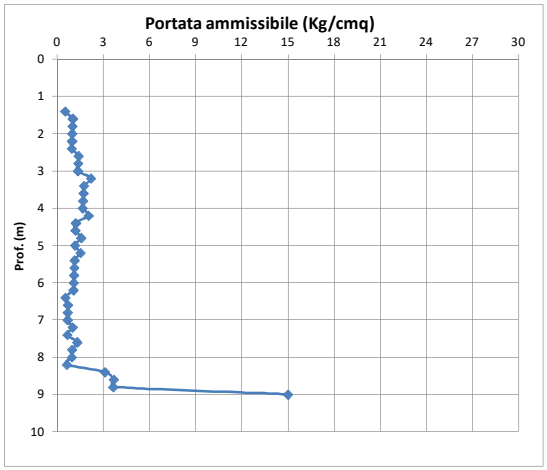
LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Np	qd	qamm	qd->qc	E
metri	numero di colpi	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	MPa
0.0					
0.2					
0.4					
0.6					
0.8					
1.0					
1.2					
1.4	1	10.3	0.51	8.6	9
1.6	2	20.1	1.01	16.8	17
1.8	2	19.8	0.99	16.5	16
2.0	2	19.4	0.97	16.2	16
2.2	2	19.1	0.95	15.9	16
2.4	2	18.8	0.94	15.6	16
2.6	3	27.7	1.38	23.1	23
2.8	3	27.2	1.36	22.7	23
3.0	3	26.8	1.34	22.3	22
3.2	5	43.9	2.19	36.6	37
3.4	4	34.6	1.73	28.8	29
3.6	4	34.0	1.70	28.4	28
3.8	4	33.5	1.68	27.9	28
4	4	33.0	1.65	27.5	28
4.2	5	40.6	2.03	33.9	34
4.4	3	24.0	1.20	20.0	20
4.6	3	23.7	1.18	19.7	20
4.8	4	31.1	1.56	25.9	26
5	3	23.0	1.15	19.2	19
5.2	4	30.3	1.51	25.2	25
5.4	3	22.4	1.12	18.7	19
5.6	3	22.1	1.10	18.4	18
5.8	3	21.8	1.09	18.2	18
6	3	21.5	1.08	17.9	18
6.2	3	21.2	1.06	17.7	18
6.4	2	10.5	0.52	8.7	9
6.6	2	13.8	0.69	11.5	11
6.8	2	13.6	0.68	11.4	11
7	2	13.5	0.67	11.2	11
7.2	3	19.9	1.00	16.6	17
7.4	2	13.1	0.66	10.9	11
7.6	4	26.0	1.30	21.6	22
7.8	3	19.2	0.96	16.0	16
8	3	19.0	0.95	15.8	16
8.2	2	12.5	0.63	10.4	10
8.4	10	62.0	3.10	88.5	89
8.6	12	73.5	3.68	105.0	105
8.8	12	72.7	3.63	103.9	104
9	50	299.6	14.98	428.0	428
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10					
10.2					
10.4					
10.6					
10.8					
11					
11.2					
11.4					
11.6					
11.8					
12					
12.2					
12.4					
12.6					
12.8					
13					
13.2					
13.4					
13.6					
13.8					
14					
14.2					
14.4					
14.6					
14.8					
15					

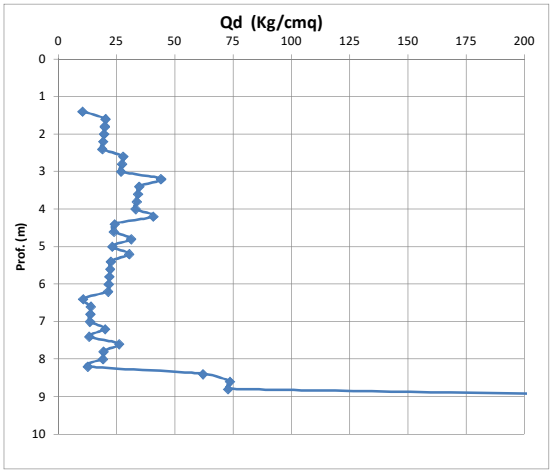
AMBIENTE E TERRITORIO SRL — PROVA DPSH 2



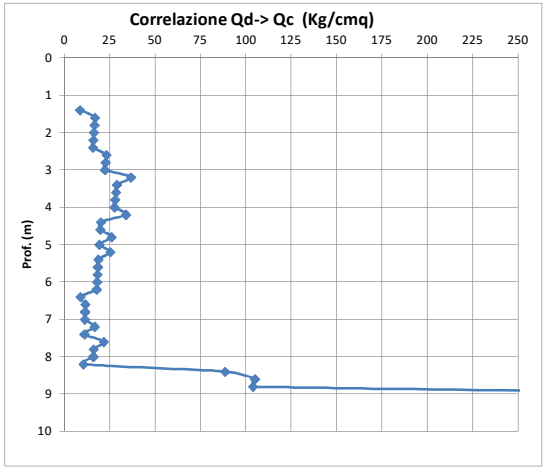
PROVA DPSH 2



AMBIENTE E TERRITORIO SRL — PROVA DPSH 2



PROVA DPSH 2



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA "DPSH ("SCPT")
(dinamic probing super heavy)

Committente:	Comune di Medesano
Località:	Medesano (PR) - Via delle Milane
Quota inizio:	p.c.
Profondità Falda:	non rilevata a fondo foro
Note: Procedura di riferimento "ISSMFE '88", "DIN 4094", "AGI '77"	
Esecuzione prova:	12/11/2021

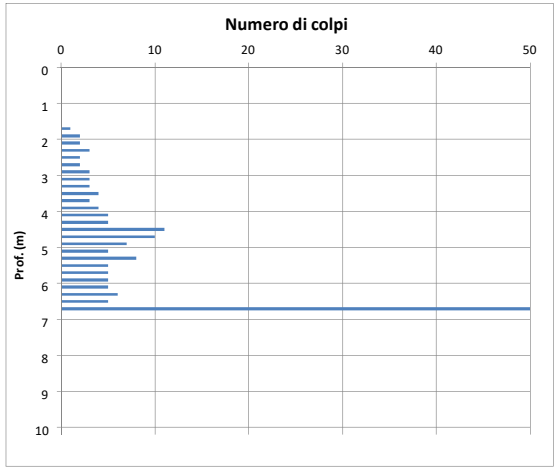
@T Ambiente e Territorio Srl

PROVA DPSH 3

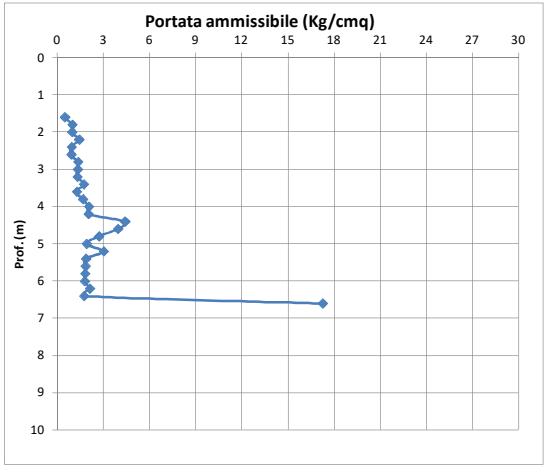
LETTURE DI CAMPAGNA | ELABORAZIONE DATI

Profondità	Np	qd	qamm	qd->qc	E
metri	numero di colpi	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	MPa
0.0					
0.2					
0.4					
0.6					
0.8					
1.0					
1.2					
1.4					
1.6	1	10.1	0.50	8.4	8
1.8	2	19.8	0.99	16.5	16
2.0	2	19.4	0.97	16.2	16
2.2	3	28.6	1.43	23.9	24
2.4	2	18.8	0.94	15.6	16
2.6	2	18.4	0.92	15.4	15
2.8	3	27.2	1.36	22.7	23
3.0	3	26.8	1.34	22.3	22
3.2	3	26.3	1.32	21.9	22
3.4	4	34.6	1.73	28.8	29
3.6	3	25.5	1.28	21.3	21
3.8	4	33.5	1.68	27.9	28
4	5	41.3	2.06	34.4	34
4.2	5	40.6	2.03	33.9	34
4.4	11	88.1	4.40	73.4	73
4.6	10	78.9	3.95	65.8	66
4.8	7	54.5	2.72	45.4	45
5	5	38.4	1.92	32.0	32
5.2	8	60.5	3.03	50.4	50
5.4	5	37.3	1.87	31.1	31
5.6	5	36.8	1.84	30.7	31
5.8	5	36.3	1.82	30.3	30
6	5	35.8	1.79	29.9	30
6.2	6	42.5	2.12	35.4	35
6.4	5	34.9	1.75	29.1	29
6.6	50	344.9	17.25	492.7	493
6.8					
7					
7.2					
7.4					
7.6					
7.8					
8					
8.2					
8.4					
8.6					
8.8					
9					
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10					

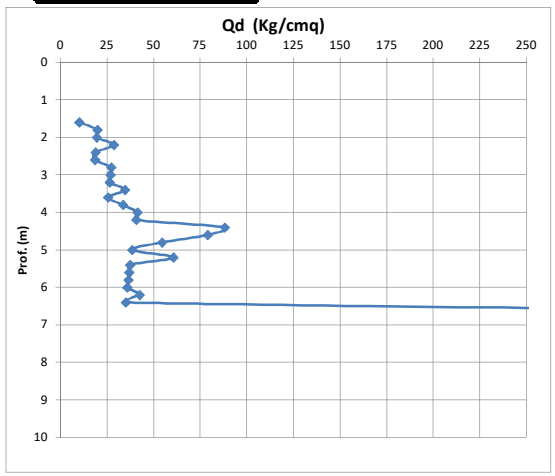
AMBIENTE E TERRITORIO SRL — PROVA DPSH 3



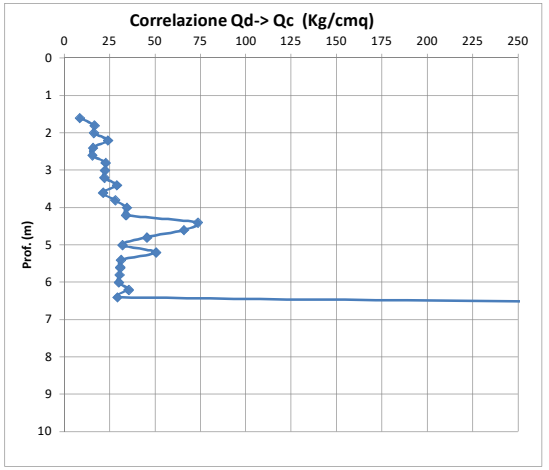
PROVA DPSH 3



AMBIENTE E TERRITORIO SRL — PROVA DPSH 3



PROVA DPSH 3



ALLEGATO 3

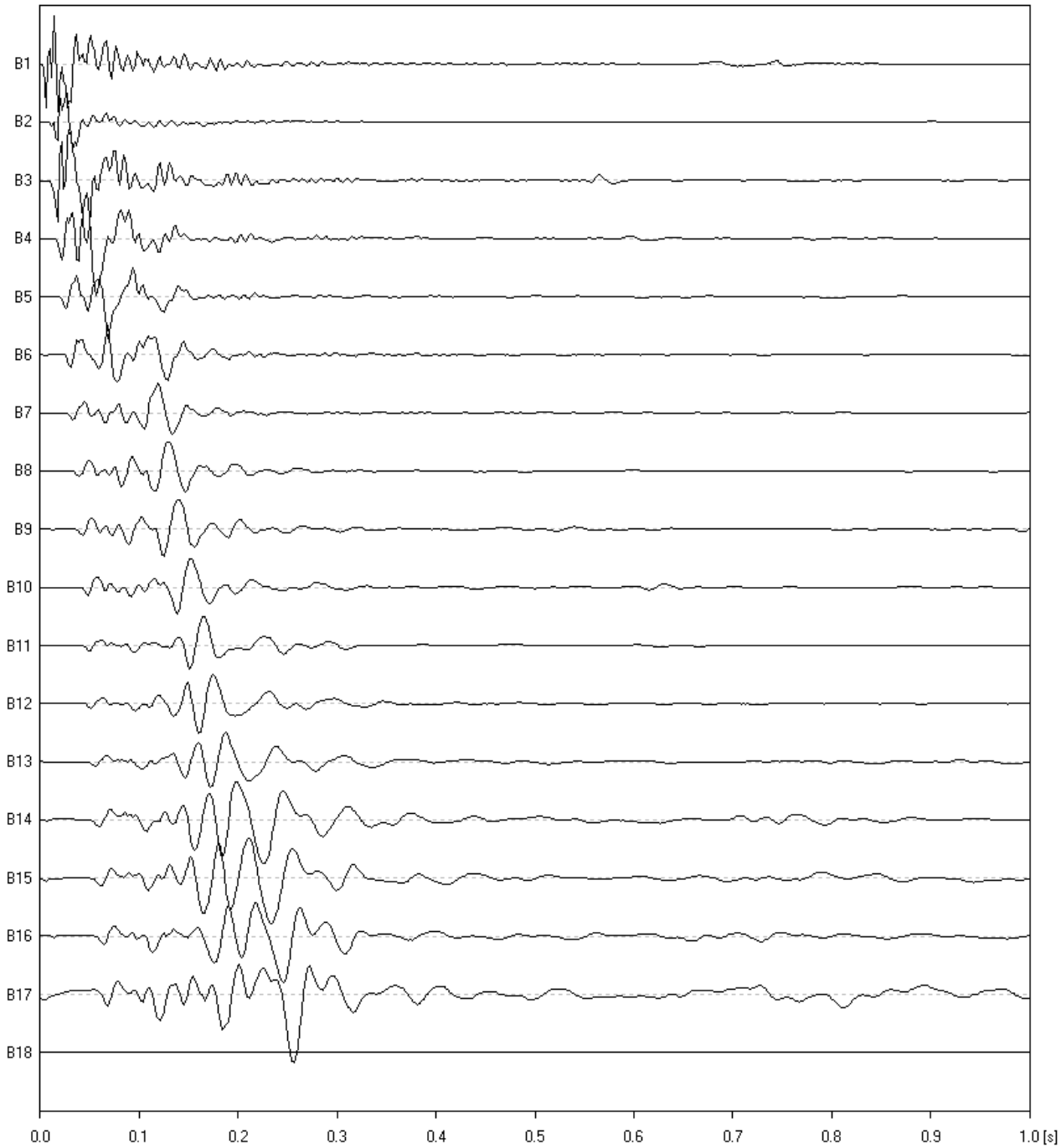
SISMICA ATTIVA (MASW)

MEDESANO - VIA DELLE MILANE – NUOVA SEDE DELLA PROTEZIONE CIVILE
MISURA DI SISMICA ATTIVA – SASW CON ELABORAZIONE MASW

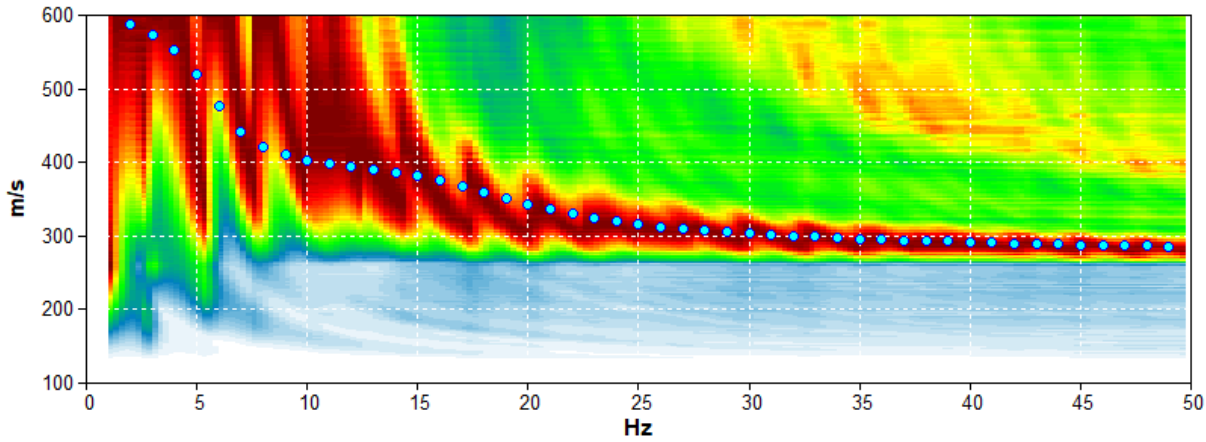
Start recording: 27/10/21 11:05:10 End recording: 27/10/21 11:25:18
Trace length: 0h00'02". Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17 ; B18

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 m.

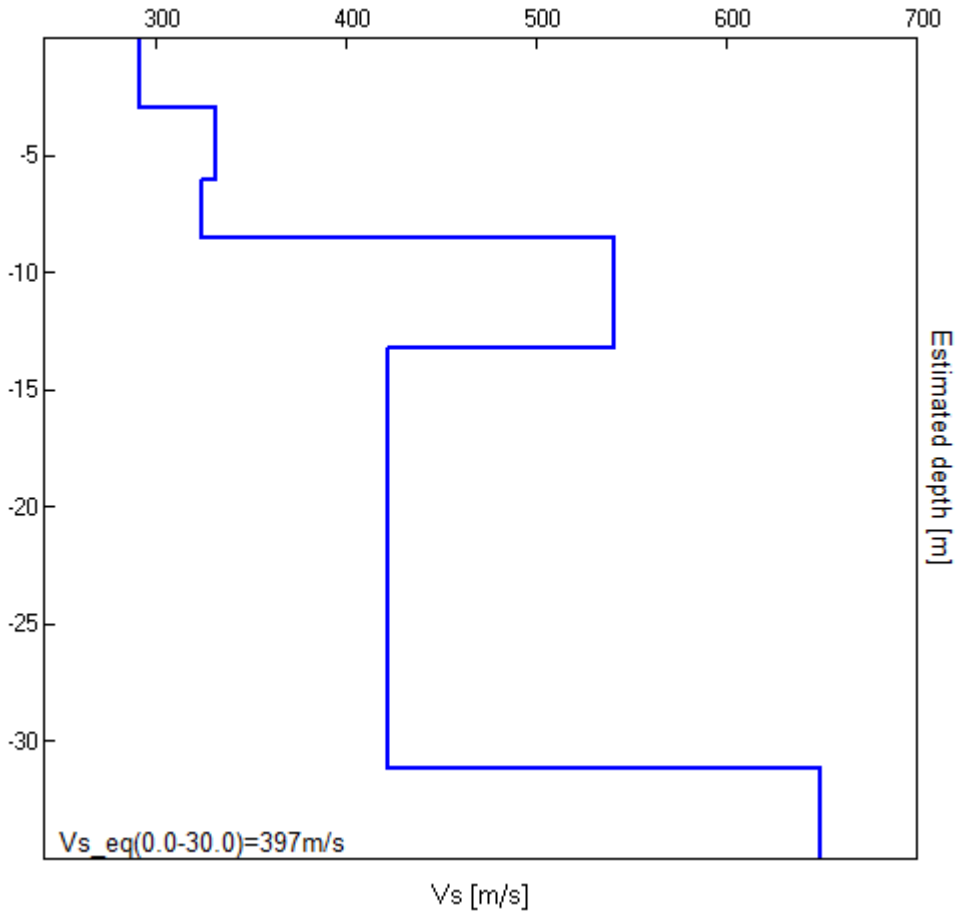


MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	291	0.42
6.00	3.00	331	0.42
8.50	2.50	324	0.42
13.20	4.70	541	0.42
31.20	18.00	422	0.42
inf.	inf.	650	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=397m/s



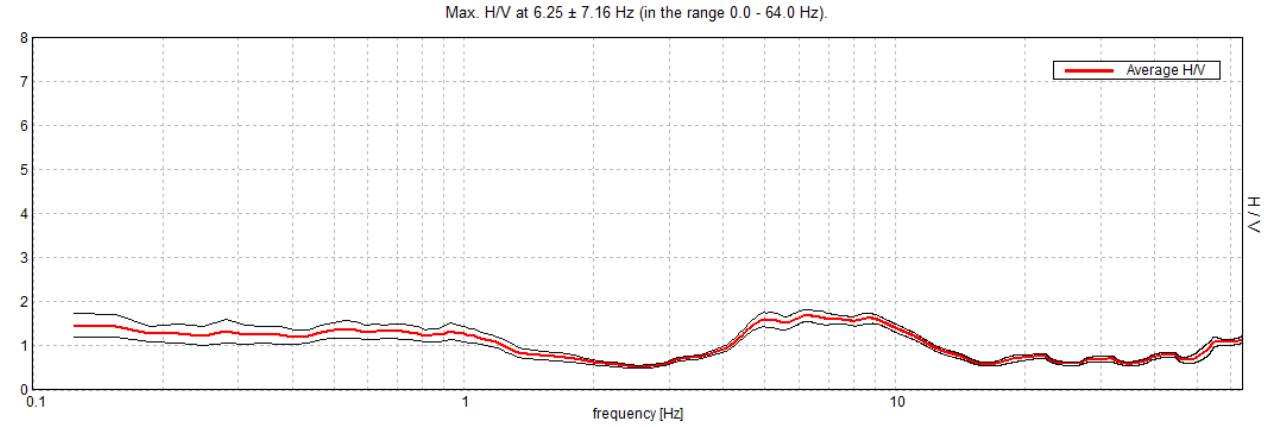
ALLEGATO 4

SISMICA PASSIVA (HVSR)

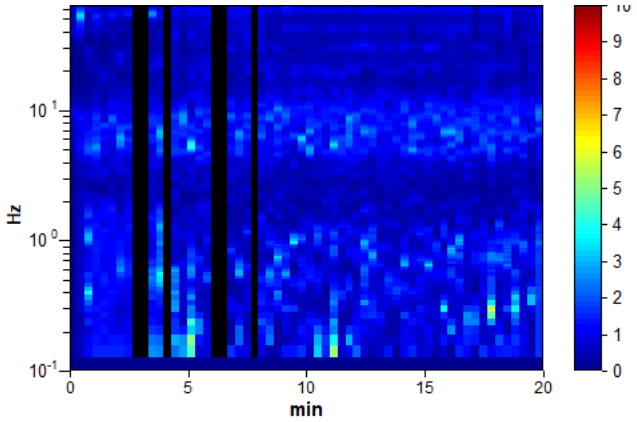
MEDESANO - VIA DELLE MILANE – NUOVA SEDE DELLA PROTEZIONE CIVILE
MISURA DI SISMICA ATTIVA – SASW CON ELABORAZIONE MASW

Instrument: TEN-0010/01-07 Data format: 16 byte Full scale [mV]: 51
Start recording: 27/10/21 11:05:10 End recording: 27/10/21 11:25:18
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; TRIG+ TRIG-
Trace length: 0h20'01". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window Smoothing: 10%

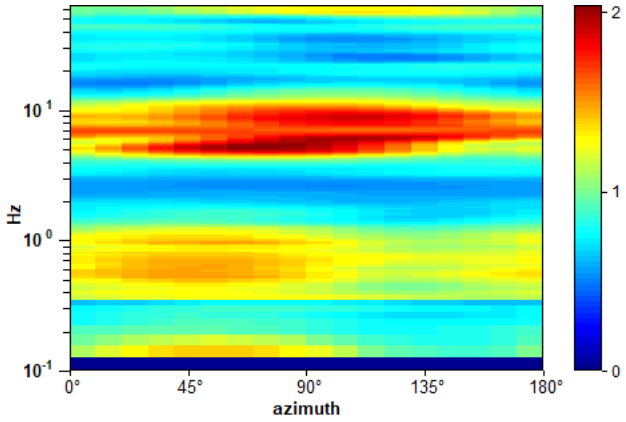
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



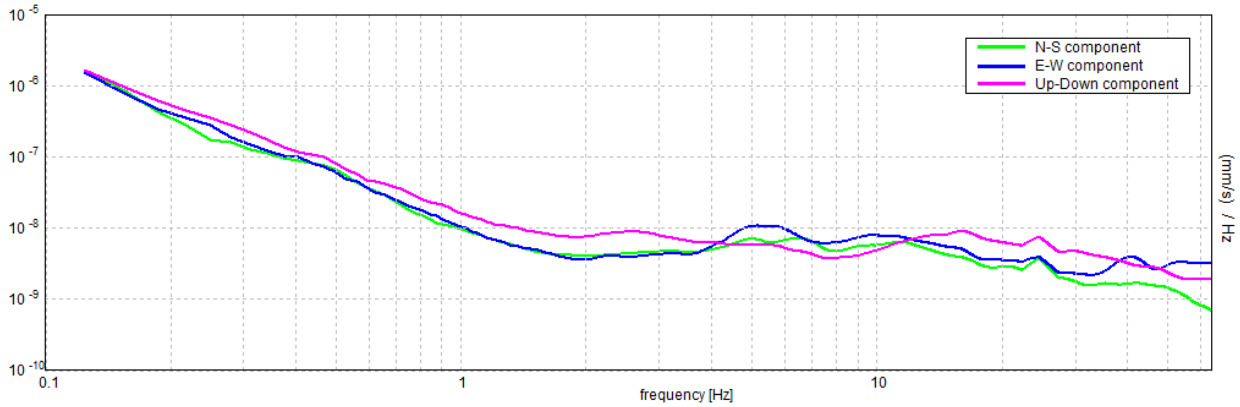
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 6.25 ± 7.16 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	6.25 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6750.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 301 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.69 > 2		NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|1.14571| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.16067 < 0.3125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1346 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [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
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALLEGATO 5

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

AMBIENTE E TERRITORIO SRL
E-mail: ambienteeterritorio@gmail.com
Web Site: www.ambienteeterritoriosrl.it

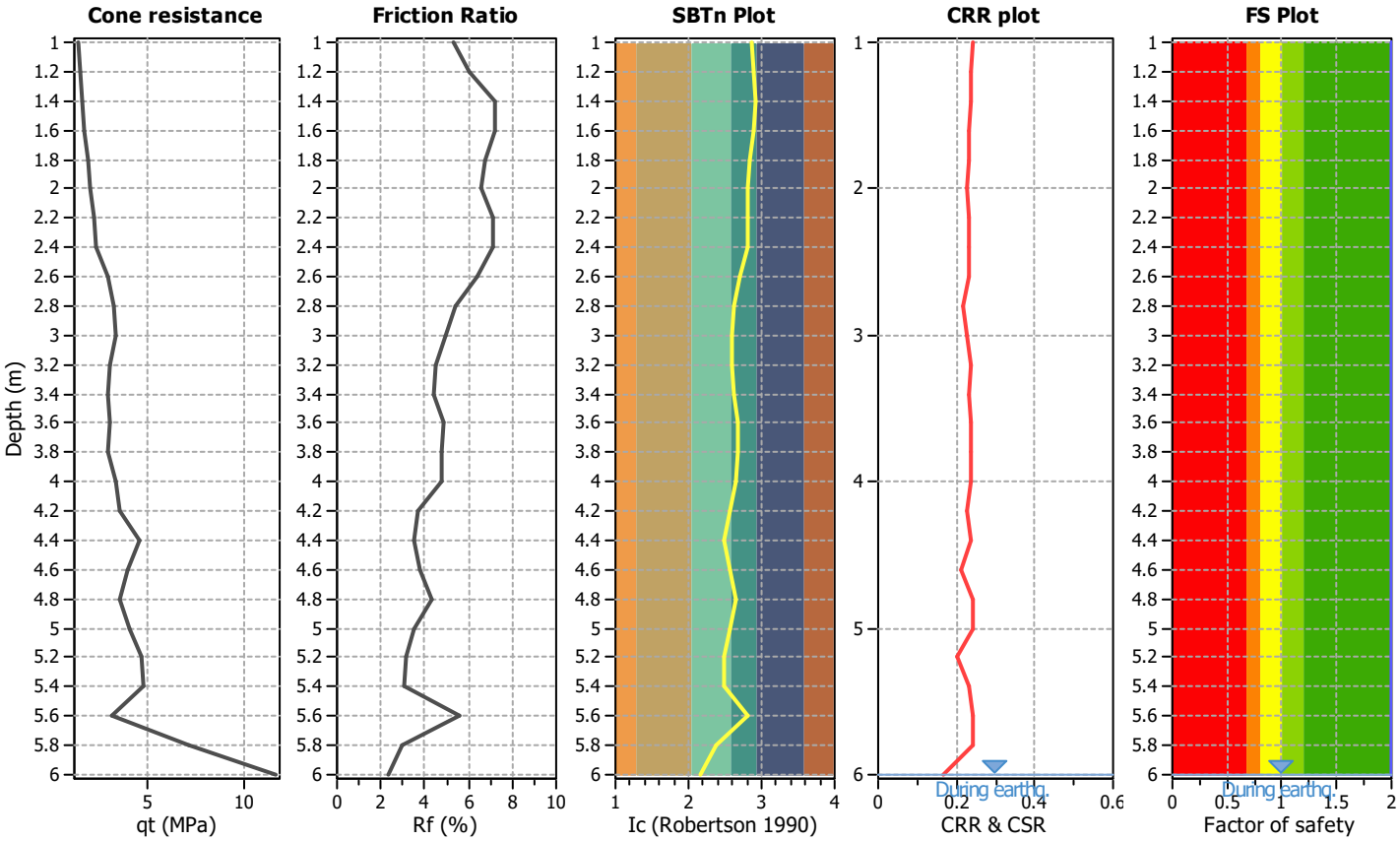
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

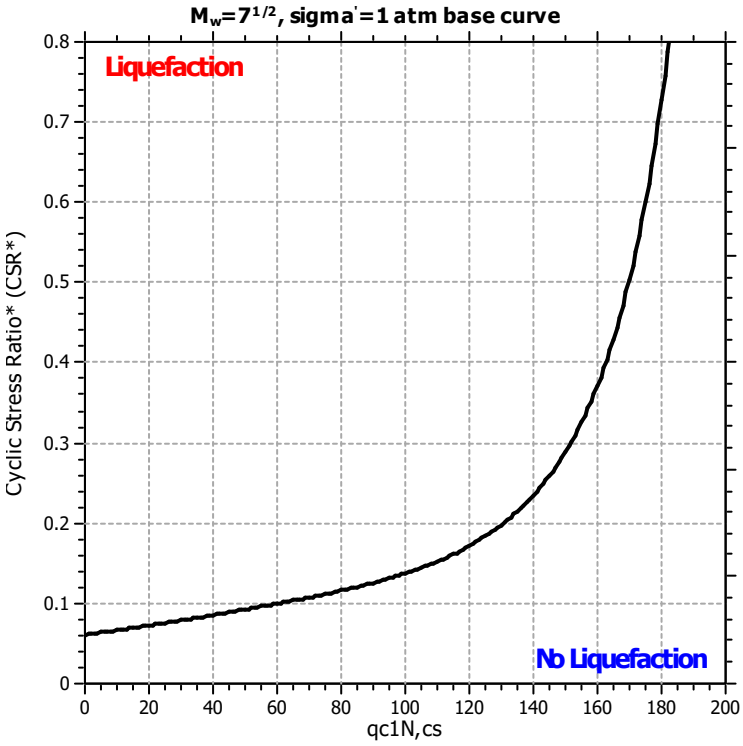
Project title : VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE **Location : MEDESANO - VIA DELLE MILANE**

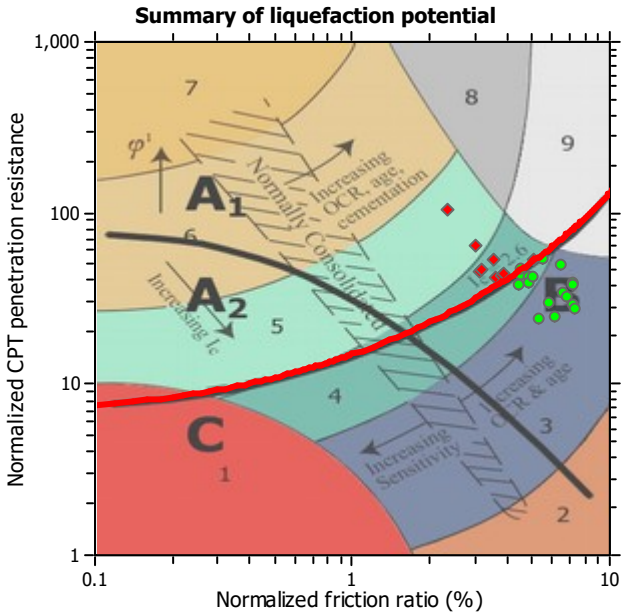
CPT file : CPT1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	6.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	6.00 m	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude M_w:	6.14	Ic cut-off value:	2.60	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.36	Unit weight calculation:	Based on SBT				





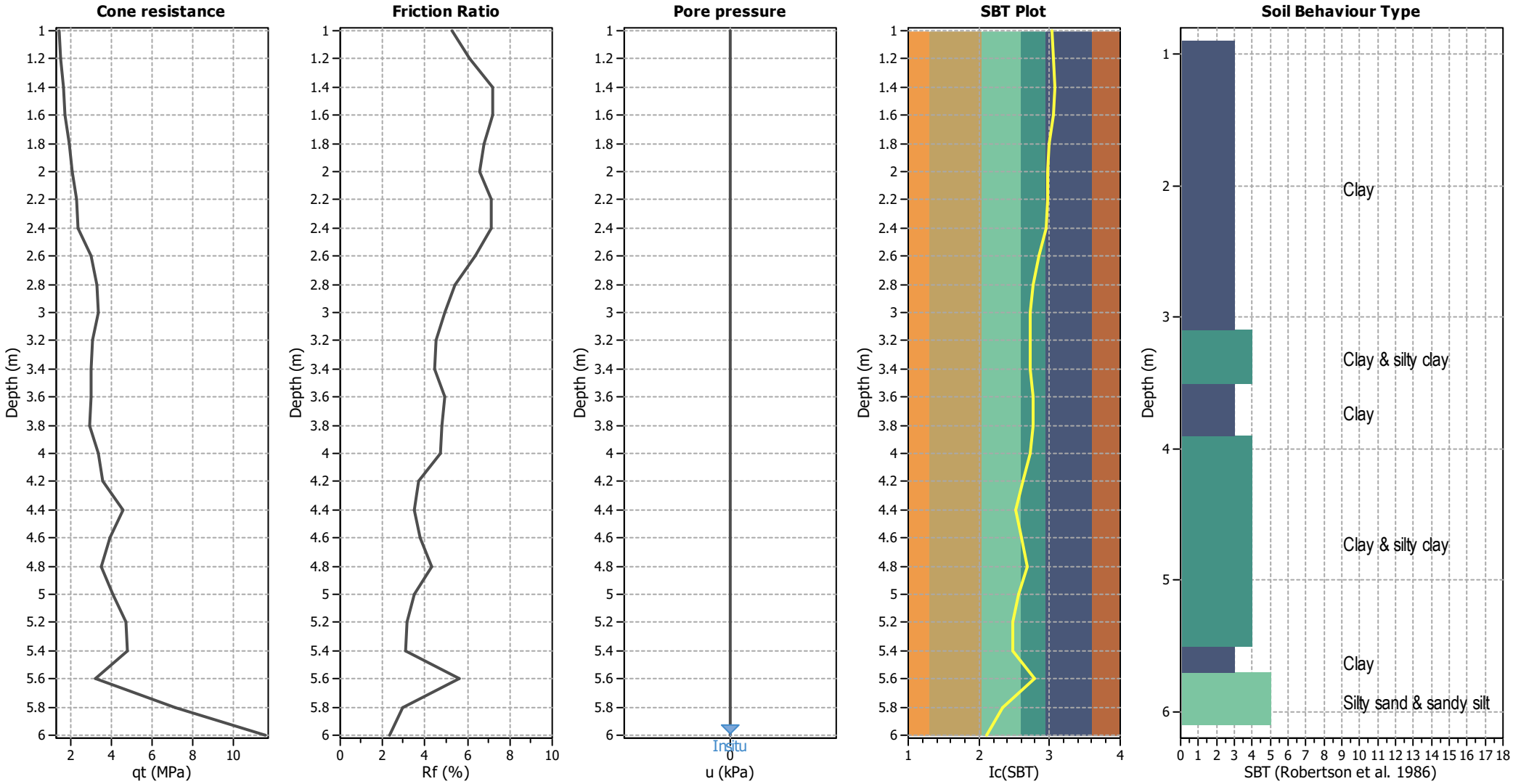


Zone A_1: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone A_2: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

This software is licensed to: Alberto Trivioli

CPT name: CPT1

CPT basic interpretation plots



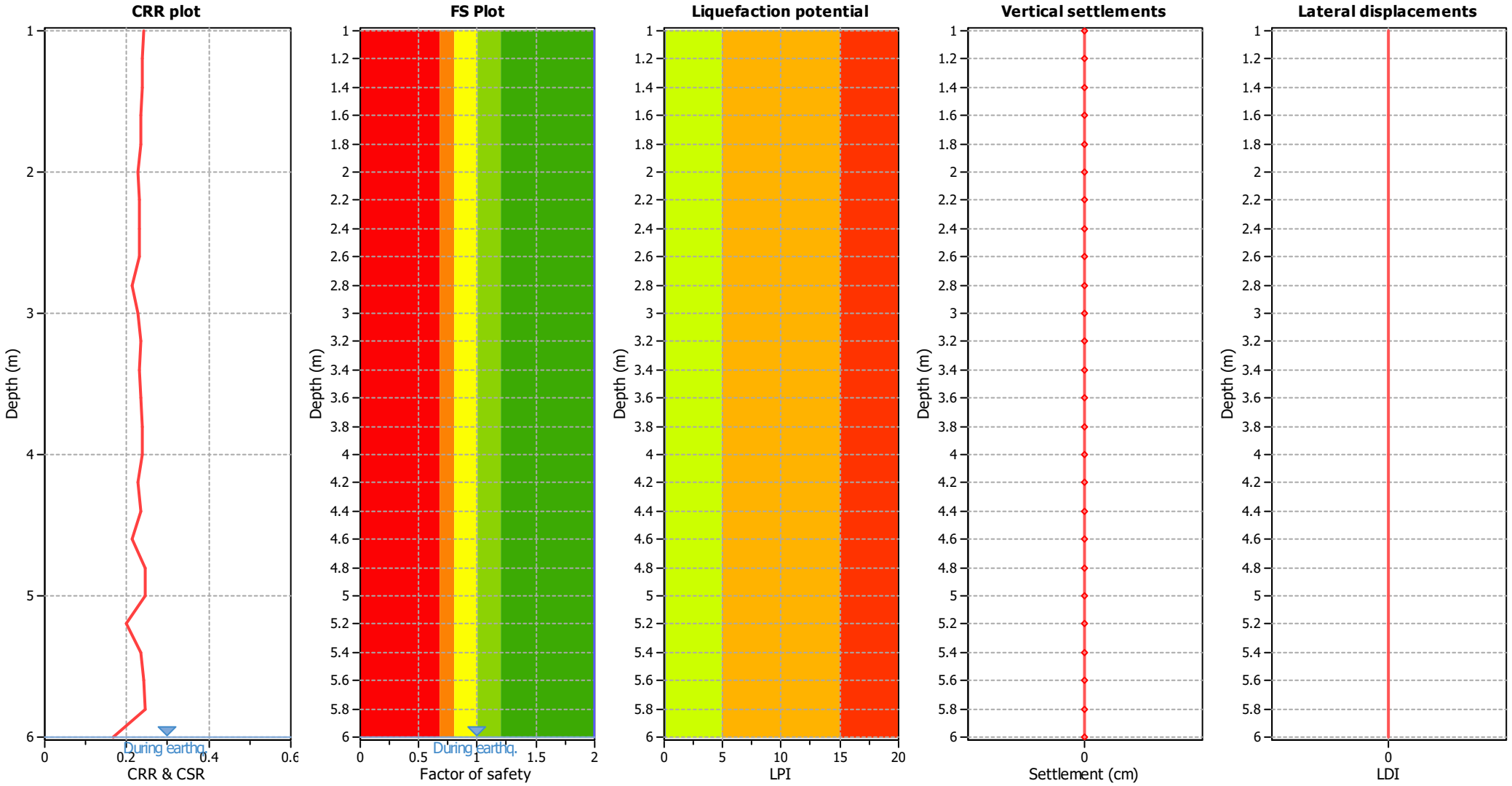
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	6.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_σ applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w:	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.36	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	6.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

SBT legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to
9. Very stiff fine grained

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	6.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_σ applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w:	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.36	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	6.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

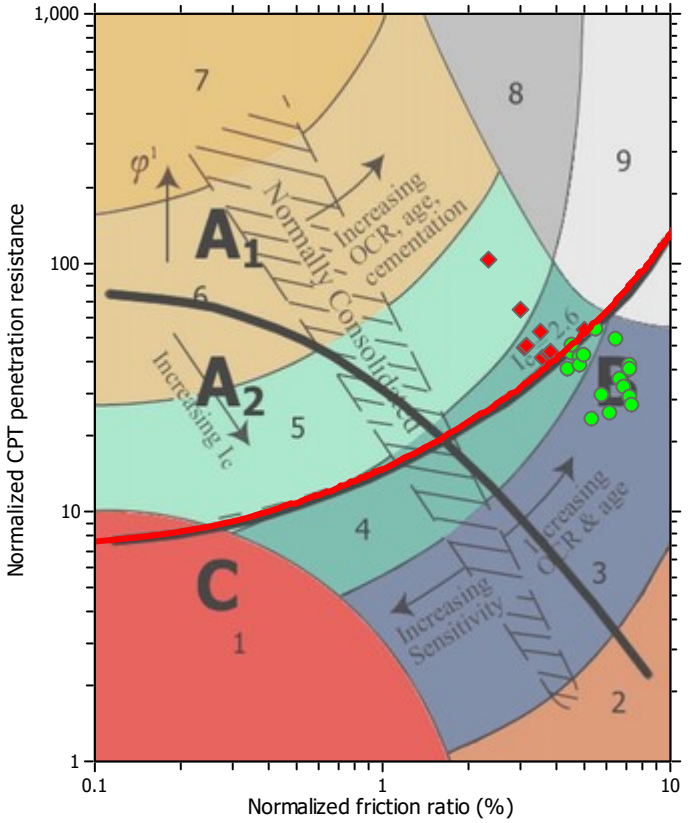
F.S. color scheme

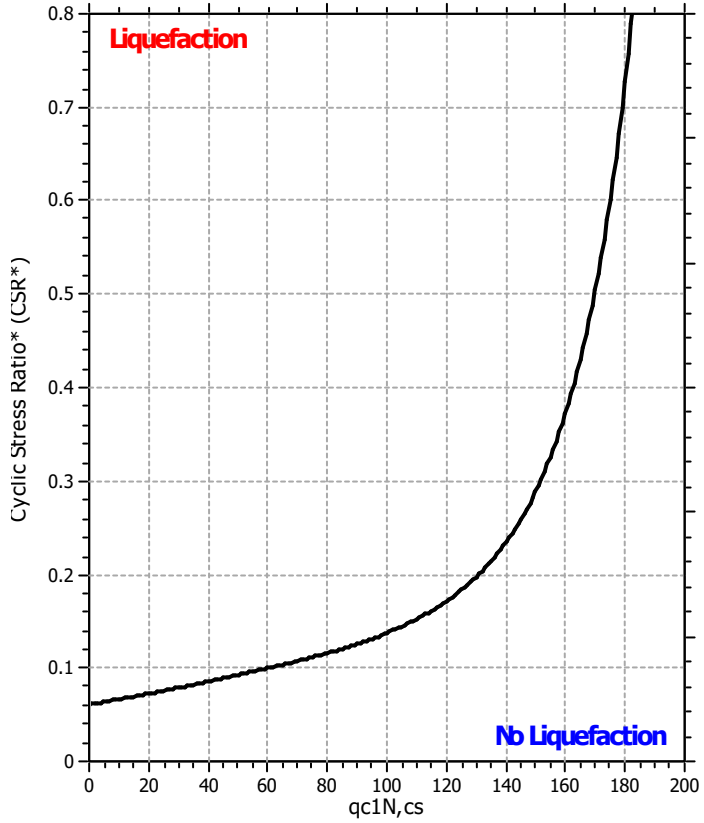
- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

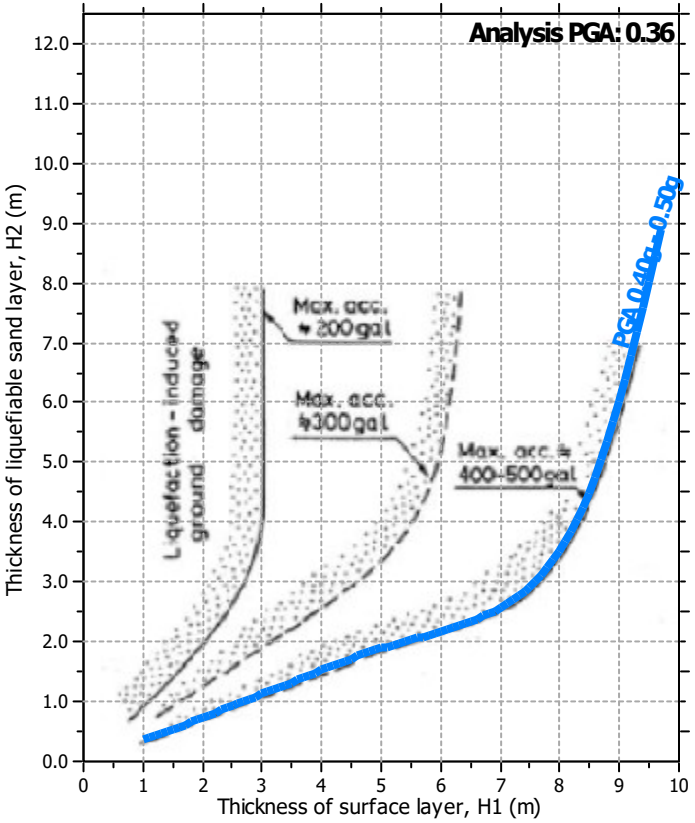
LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Liquefaction analysis summary plots







Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	6.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_σ applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w:	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.36	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	6.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::

Depth (m)	FS	m(FS)	H_1*m(FS)	d_z	LPI_{ISH}	Depth (m)	FS	m(FS)	H_1*m(FS)	d_z	LPI_{ISH}
1.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
5.80	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00

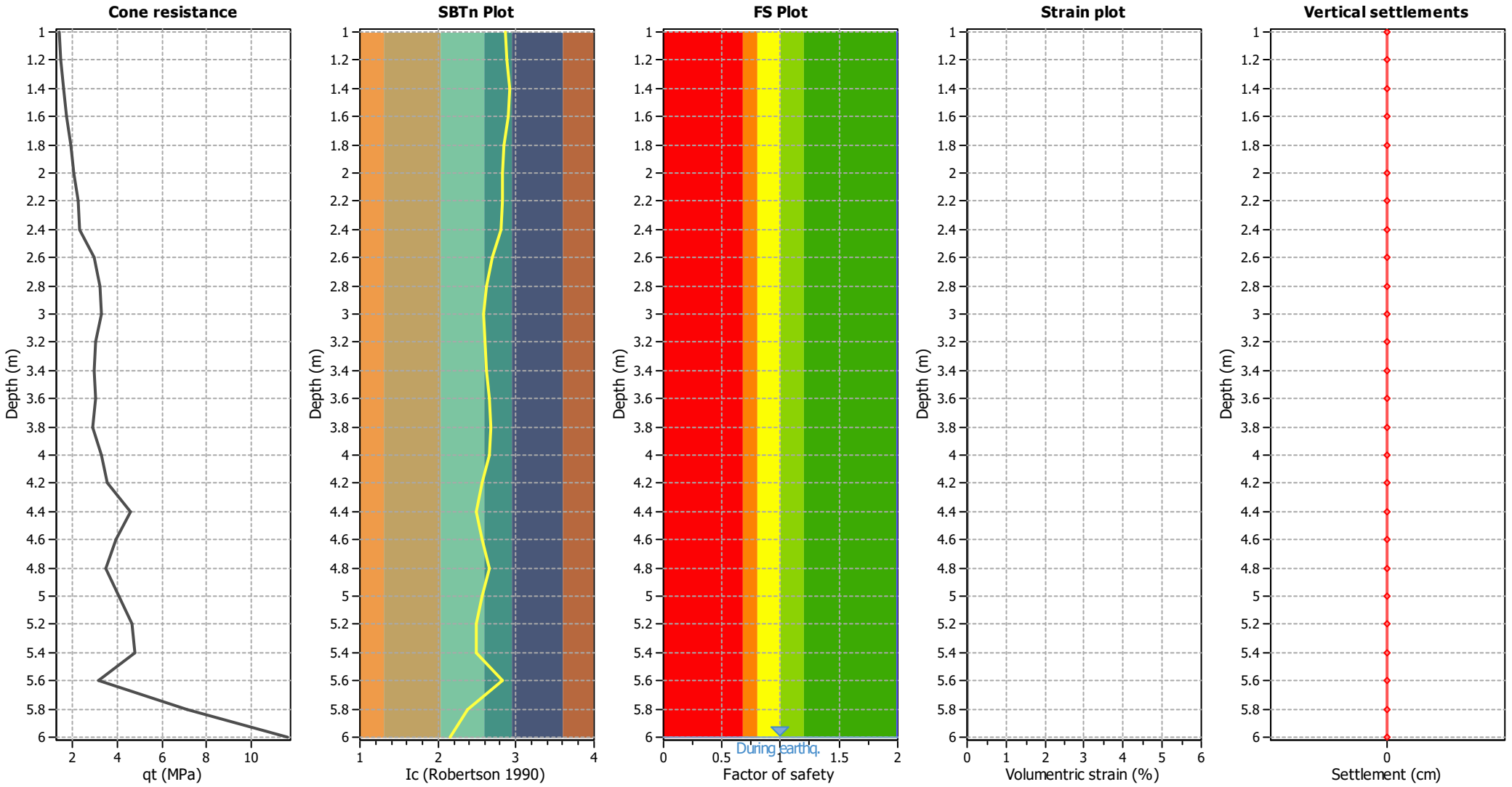
Overall liquefaction potential: 0.00

LPI_{ISH} > 5.0 - Liquefaction manifestation is expected

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

Estimation of post-earthquake settlements



Abbreviations

q_t:	Total cone resistance (cone resistance q_c corrected for pore water effects)
I_c:	Soil Behaviour Type Index
FS:	Calculated Factor of Safety against liquefaction
Volumentric strain:	Post-liquefaction volumentric strain

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::

Depth (m)	$q_{c1N,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$q_{c1N,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
6.00	225.77	2.00	0.00	1.00	0.00						

Total estimated settlement: 0.00

Abbreviations

$Q_{tn,cs}$: Equivalent dean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumentric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

:: Strength loss calculation Idriss & Boulanger (2008) ::

Depth (m)	q_t (MPa)	Q_{tn}	K_c	$Q_{tn,cs}$	I_c	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
1.00	1.43	23.74	5.32	126.24	2.86	N/A	N/A
1.20	1.50	24.80	5.59	138.71	2.89	N/A	N/A
1.40	1.63	26.98	5.86	158.03	2.92	N/A	N/A
1.60	1.73	28.59	5.68	162.25	2.90	N/A	N/A
1.80	1.93	31.88	5.20	165.73	2.85	N/A	N/A
2.00	2.07	34.06	4.93	167.93	2.82	N/A	N/A
2.20	2.27	37.35	4.94	184.32	2.82	N/A	N/A
2.40	2.37	38.96	4.82	187.91	2.80	N/A	N/A
2.60	3.00	49.52	3.98	197.04	2.70	N/A	N/A
2.80	3.27	53.93	3.46	186.75	2.62	N/A	N/A
3.00	3.33	53.92	3.27	176.21	2.59	N/A	N/A
3.20	3.07	46.90	3.34	156.82	2.60	N/A	N/A
3.40	3.00	43.59	3.46	151.00	2.62	N/A	N/A
3.60	3.03	42.12	3.74	157.51	2.66	N/A	N/A
3.80	2.93	38.80	3.86	149.62	2.68	N/A	N/A
4.00	3.33	42.01	3.67	154.11	2.65	N/A	N/A
4.20	3.60	43.10	3.15	135.58	2.57	N/A	N/A
4.40	4.60	52.73	2.70	142.58	2.49	N/A	N/A
4.60	3.97	43.82	3.14	137.57	2.57	N/A	N/A
4.80	3.53	37.59	3.72	139.99	2.66	N/A	N/A
5.00	4.07	41.67	3.11	129.54	2.56	N/A	N/A
5.20	4.70	46.57	2.74	127.38	2.49	N/A	N/A
5.40	4.80	46.02	2.72	125.31	2.49	N/A	N/A
5.60	3.20	29.19	4.97	144.96	2.82	N/A	N/A
5.80	7.13	64.82	2.21	143.06	2.37	N/A	N/A
6.00	11.60	103.96	1.55	161.62	2.15	N/A	N/A

Abbreviations

q_t: Total cone resistance
K_c: Cone resistance correction factor due to fines
$Q_{tn,cs}$: Adjusted and corrected cone resistance due to fines
I_c: Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma'_v$: Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma'_v$: Calculated peak undrained strength ratio

ALLEGATO 6

TABULATI SPETTRI DI RISPOSTA DI OUTPUT RSL - SLV

RSL - Se(T)		RSL - Se(T)		RSL - Se(T)		RSL - Se(T)	
Periodo (sec)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)	Periodo (sec)	Se (g)
0.01	0.359471	1.01	0.161596	2.01	0.069747	3.01	0.033904
0.02	0.364125	1.02	0.160175	2.02	0.069078	3.02	0.033631
0.03	0.372770	1.03	0.159349	2.03	0.068393	3.03	0.033366
0.04	0.389727	1.04	0.158866	2.04	0.067669	3.04	0.033136
0.05	0.442046	1.05	0.158158	2.05	0.066892	3.05	0.032937
0.06	0.468653	1.06	0.157809	2.06	0.066061	3.06	0.032746
0.07	0.581226	1.07	0.157223	2.07	0.065184	3.07	0.032562
0.08	0.670455	1.08	0.156309	2.08	0.064281	3.08	0.032385
0.09	0.765586	1.09	0.154728	2.09	0.063378	3.09	0.032210
0.10	0.839387	1.10	0.152516	2.10	0.062497	3.10	0.032035
0.11	0.804227	1.11	0.149741	2.11	0.061652	3.11	0.031856
0.12	0.792913	1.12	0.146461	2.12	0.060868	3.12	0.031668
0.13	0.762346	1.13	0.142743	2.13	0.060126	3.13	0.031468
0.14	0.731669	1.14	0.139395	2.14	0.059417	3.14	0.031252
0.15	0.716935	1.15	0.136588	2.15	0.058739	3.15	0.031018
0.16	0.690397	1.16	0.133980	2.16	0.058044	3.16	0.030766
0.17	0.681429	1.17	0.132368	2.17	0.057324	3.17	0.030496
0.18	0.666025	1.18	0.130624	2.18	0.056581	3.18	0.030349
0.19	0.695648	1.19	0.128765	2.19	0.055822	3.19	0.030195
0.20	0.716552	1.20	0.126988	2.20	0.055074	3.20	0.030031
0.21	0.703513	1.21	0.125808	2.21	0.054387	3.21	0.029862
0.22	0.719193	1.22	0.124567	2.22	0.053723	3.22	0.029691
0.23	0.777988	1.23	0.123243	2.23	0.053116	3.23	0.029518
0.24	0.840737	1.24	0.122001	2.24	0.052732	3.24	0.029347
0.25	0.885918	1.25	0.120805	2.25	0.052378	3.25	0.029182
0.26	0.914588	1.26	0.119932	2.26	0.052021	3.26	0.029023
0.27	0.894526	1.27	0.119418	2.27	0.051657	3.27	0.028874
0.28	0.856924	1.28	0.118765	2.28	0.051283	3.28	0.028735
0.29	0.830357	1.29	0.117924	2.29	0.050896	3.29	0.028607
0.30	0.815488	1.30	0.116881	2.30	0.050498	3.30	0.028488
0.31	0.813940	1.31	0.115656	2.31	0.050091	3.31	0.028423
0.32	0.811756	1.32	0.114837	2.32	0.049678	3.32	0.028368
0.33	0.785379	1.33	0.114140	2.33	0.049262	3.33	0.028318
0.34	0.738677	1.34	0.113382	2.34	0.048845	3.34	0.028270
0.35	0.699421	1.35	0.112397	2.35	0.048429	3.35	0.028222
0.36	0.695531	1.36	0.111196	2.36	0.048016	3.36	0.028172
0.37	0.707540	1.37	0.109801	2.37	0.047747	3.37	0.028115
0.38	0.700456	1.38	0.109273	2.38	0.047464	3.38	0.028050
0.39	0.677131	1.39	0.109304	2.39	0.047219	3.39	0.027981
0.40	0.663378	1.40	0.109152	2.40	0.046987	3.40	0.027917
0.41	0.644919	1.41	0.108836	2.41	0.046768	3.41	0.027839
0.42	0.614092	1.42	0.108524	2.42	0.046533	3.42	0.027746
0.43	0.573032	1.43	0.108091	2.43	0.046286	3.43	0.027638
0.44	0.533332	1.44	0.107519	2.44	0.046041	3.44	0.027517
0.45	0.509134	1.45	0.106808	2.45	0.045851	3.45	0.027384
0.46	0.492779	1.46	0.105971	2.46	0.045653	3.46	0.027241
0.47	0.479600	1.47	0.105043	2.47	0.045468	3.47	0.027091
0.48	0.460886	1.48	0.104039	2.48	0.045299	3.48	0.026936
0.49	0.446544	1.49	0.102983	2.49	0.045139	3.49	0.026780
0.50	0.425010	1.50	0.101887	2.50	0.044985	3.50	0.026624
0.51	0.415168	1.51	0.100736	2.51	0.044833	3.51	0.026473
0.52	0.403590	1.52	0.099544	2.52	0.044676	3.52	0.026327
0.53	0.390057	1.53	0.098583	2.53	0.044504	3.53	0.026188
0.54	0.378851	1.54	0.097817	2.54	0.044326	3.54	0.026057
0.55	0.372046	1.55	0.097051	2.55	0.044142	3.55	0.025936
0.56	0.368406	1.56	0.096388	2.56	0.043929	3.56	0.025824
0.57	0.365131	1.57	0.095956	2.57	0.043690	3.57	0.025722
0.58	0.363569	1.58	0.095575	2.58	0.043428	3.58	0.025631
0.59	0.363353	1.59	0.095076	2.59	0.043149	3.59	0.025552
0.60	0.360816	1.60	0.094620	2.60	0.042857	3.60	0.025479
0.61	0.357551	1.61	0.094156	2.61	0.042560	3.61	0.025412
0.62	0.350162	1.62	0.093971	2.62	0.042467	3.62	0.025347
0.63	0.346476	1.63	0.093879	2.63	0.042405	3.63	0.025283
0.64	0.342372	1.64	0.093667	2.64	0.042349	3.64	0.025224
0.65	0.336980	1.65	0.093319	2.65	0.042301	3.65	0.025160
0.66	0.331522	1.66	0.092852	2.66	0.042257	3.66	0.025089
0.67	0.323305	1.67	0.092281	2.67	0.042213	3.67	0.025008
0.68	0.313070	1.68	0.091619	2.68	0.042162	3.68	0.024918
0.69	0.302696	1.69	0.090865	2.69	0.042093	3.69	0.024814
0.70	0.293675	1.70	0.090002	2.70	0.041999	3.70	0.024697
0.71	0.283299	1.71	0.089025	2.71	0.041875	3.71	0.024566
0.72	0.271462	1.72	0.088456	2.72	0.041711	3.72	0.024430
0.73	0.260601	1.73	0.087795	2.73	0.041514	3.73	0.024292
0.74	0.250145	1.74	0.087105	2.74	0.041292	3.74	0.024138
0.75	0.241258	1.75	0.086914	2.75	0.041030	3.75	0.023969
0.76	0.231883	1.76	0.086669	2.76	0.040732	3.76	0.023787
0.77	0.223059	1.77	0.086344	2.77	0.040407	3.77	0.023595
0.78	0.215113	1.78	0.086006	2.78	0.040062	3.78	0.023396
0.79	0.208036	1.79	0.085553	2.79	0.039705	3.79	0.023227
0.80	0.203301	1.80	0.084999	2.80	0.039347	3.80	0.023061
0.81	0.199758	1.81	0.084355	2.81	0.039000	3.81	0.022892
0.82	0.197403	1.82	0.083633	2.82	0.038682	3.82	0.022724
0.83	0.196822	1.83	0.082846	2.83	0.038380	3.83	0.022558
0.84	0.196742	1.84	0.081982	2.84	0.038095	3.84	0.022396
0.85	0.196590	1.85	0.081299	2.85	0.037826	3.85	0.022241
0.86	0.196335	1.86	0.080602	2.86	0.037567	3.86	0.022092
0.87	0.195574	1.87	0.079821	2.87	0.037311	3.87	0.021959
0.88	0.194545	1.88	0.079030	2.88	0.037062	3.88	0.021835
0.89	0.193471	1.89	0.078193	2.89	0.036899	3.89	0.021722
0.90	0.193367	1.90	0.077394	2.90	0.036725	3.90	0.021618
0.91	0.193375	1.91	0.076567	2.91	0.036534	3.91	0.021525
0.92	0.192769	1.92	0.075769	2.92	0.036324	3.92	0.021441
0.93	0.191051	1.93	0.075086	2.93	0.036091	3.93	0.021367
0.94	0.188493	1.94	0.074499	2.94	0.035832	3.94	0.021301
0.95	0.185320	1.95	0.073906	2.95	0.035551	3.95	0.021244
0.96	0.181525	1.96	0.073251	2.96	0.035267	3.96	0.021196
0.97	0.177481	1.97	0.072550	2.97	0.035008	3.97	0.021155
0.98	0.173216	1.98	0.071829	2.98	0.034740	3.98	0.021119
0.99	0.169044	1.99	0.071113	2.99	0.034463	3.99	0.021086
1.00	0.165130	2.00	0.070421	3.00	0.034183	4.00	0.021054

ag=	**0.237**
S=	**1.517**
F0=	**2.173**
SeTmax=	**0.915**
1/q=	**0.667**
Tb	**0.094**
Tc	**0.282**
Td	**3.038**
Sd(T) min=	**0.047**
q=	**1.500**