



COMUNE DI PARMA
SETTORE OPERE PUBBLICHE



responsabile unico di progetto
ing. SARA MALORI

Parma Infrastrutture S.p.a.

progetto strutturale
Mennuti & Co Ingegneri - Società di Ingegneria s.r.l.

ing. PAOLO ODDI - ing. FEDERICO MENNUTI

coordinamento della sicurezza in progettazione
ing. DAVIDE BOTTAZZI

Parma Infrastrutture S.p.a.



SCUOLA MALPELI - ADEGUAMENTO NORMATIVO PALESTRA

CUP I96F24000110004 - CUI L00162210348202500035

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

titolo elaborato:

Relazione geologica

TAVOLA:

serie	numero
G	13
formato	A4
scala	no
file:	



Comune di Parma
Provincia di Parma
Settore Lavori Pubblici, Manutenzioni e Sismica

**Interventi di adeguamento
normativo sismico, impiantistico
ed efficientamento energetico
del complesso scolastico "Malpeli"**

**RELAZIONE GEOLOGICA,
GEOTECNICA E SISMICA**

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti

Collaboratori:

Dott. Geol. Matteo Baisi
Dott. Ing. Giulia Mainardi



Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel-Fax 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

INDICE

1	Premesse	2
1.1	Normativa di riferimento.....	3
1.2	Parametri di progetto.....	3
2	Inquadramento geologico geomorfologico e idrogeologico	5
2.1	Assetto geologico	5
2.2	Stratigrafia dei depositi quaternari	6
2.3	Geomorfologia	7
2.4	Idrogeologia.....	8
3	Indagini eseguite	11
3.1	Prova penetrometrica statica con punta elettrica.....	12
3.2	Indagine mediante sismocono	15
3.3	Rilievo sismico mediante tromografo digitale.....	18
4	Caratteri litostratigrafici.....	21
5	Sismicità	22
5.1	Caratteristiche sismotettoniche	22
5.2	Storia sismica	28
5.3	Classificazione sismica del territorio.....	31
5.4	Categoria di sottosuolo	34
5.5	Coefficienti sismici di progetto.....	36
5.6	Disaggregazione e magnitudo	37
5.7	Vulnerabilità sismica dell'opera	39
6	Analisi della risposta sismica locale	41
6.1	Modello geofisico del sottosuolo	41
6.1.1	Litologia	41
6.1.2	Determinazione della Vs e bedrock sismico	41
6.1.3	Curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidità (G/G ₀) in funzione della deformazione	44
6.1.4	Riassunto del modello geofisico	46
6.2	Azioni sismiche in ingresso	47
6.3	Procedura di analisi RSL.....	50
6.4	Analisi dei risultati	50
6.4.1	Serie temporali.....	51
6.4.2	Spettri di risposta elastici in superficie.....	55
6.5	Spettri di risposta normalizzati	58
7	Rischio di liquefazione	62
8	Geotecnica	62
8.1	Elaborazione dei risultati delle indagini in situ.....	62
8.1.1	Coesione in condizioni non drenate	63
8.1.2	Angolo di resistenza al taglio	63
8.1.3	Coesione in condizioni drenate	63
8.1.4	Modulo edometrico	63
8.2	Modello Geotecnico	64

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	1 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

1 PREMESSE

La presente relazione geologica, geotecnica e sismica, redatta su incarico del Comune di Parma, è a supporto degli interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico (Obiettivo PAES e Scuole Sicure) su diversi complessi scolastici nel territorio comunale. In particolare, la seguente relazione geologica e modellazione sismica è finalizzata alla valutazione della sicurezza strutturale del plesso scolastico "Malpeli" di Baganzola.

Lo studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel successivo paragrafo 1.1, e, in particolare del D.M. 17/01/2018, Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

In ottemperanza alla normativa sopracitata, lo studio è stato articolato in una serie di valutazioni tematiche, relative agli aspetti geologici, geotecnici, morfologici, idrogeologici e sismici del territorio in esame, effettuate sulla base della documentazione biblio-cartografica esistente, di rilievi di campagna e di indagini in sito.

Per verificare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame si è fatto riferimento, oltre ai dati pregressi, ai risultati di 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU1 e CPTU2.

Per la determinazione della velocità delle onde sismiche nei terreni è stata, inoltre, utilizzata una prova SCPTU, realizzata a poca distanza dalla scuola nell'ambito dello studio di microzonazione sismica di terzo livello del Comune di Parma redatto dagli scriventi ed approvato nel Novembre del 2018,

Infine, per la determinazione della frequenza caratteristica del terreno è stata eseguita un'indagine geofisica mediante tomografo digitale.

A corredo della presente relazione sono stati prodotti i seguenti elaborati:

Tav. 1– Inquadramento geografico - scala 1:10.000

Tav. 2 - Carta geolitologico-morfologica – scala 1:10.000

Tav. 3 - Carta idrogeologica e della vulnerabilità – scala 1:10.000

Tav. 4 – Planimetria con ubicazione indagini – scala 1:500

Tav. 5 – Sezione litostratimetrica – scala 1:250

Tav. 6 – Modello geotecnico – scala 1:250

mentre, i risultati delle prove si trovano nei seguenti allegati:

All. 1 – Prove penetrometriche CPTU

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	2 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

All. 2 – Prova HVSR

All.3 – Prova SCPTU

1.1 Normativa di riferimento

- Circolare 21-1-2019 n° 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/1/2018.
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio – UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito – UNI;
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- L.R. n. 19 del 30/10/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico".
- D.G.R 23 luglio 2018 n.1164 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna"

1.2 Parametri di progetto

Coerentemente con quanto disposto nelle NTC 2018 (Cap. 2.4), in accordo con i tecnici comunali, sono stati definiti i seguenti parametri di progetto:

- VITA NOMINALE: *"Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari"* la cui vita nominale è $V_n \geq 50$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- CLASSE D'USO: *Classe III: "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in*

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	3 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

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." (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2018);

- PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA: Considerata la classe d'uso III, il coefficiente d'uso risulta $C_u=1.50$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018), e di conseguenza la Vita di riferimento del fabbricato è $V_R=V_N \cdot C_u= 75$ anni.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	4 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpelli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1 Assetto geologico

L'area in esame, come l'intero Comune di Parma, ricade nella pianura parmense, la quale, a sua volta, è compresa nella pianura emiliano-romagnola che costituisce il settore meridionale della pianura padana, la più grande pianura alluvionale d'Italia, formata dai depositi del fiume Po e dei suoi affluenti.

Essa ha cominciato a formarsi nel Pleistocene medio, circa 500.000 anni fa, quando, a seguito del sollevamento in atto, il mare si è spostato dal margine appenninico, via via sempre più verso est, sino alla sua attuale posizione.

Il sottosuolo è contraddistinto da un forte accumulo di sedimenti alluvionali quaternari che appoggiano, con discontinuità a discordanza semplice, sul substrato di sedimenti marini del pliocene superiore e del pleistocene inferiore.

L'assetto di tale corpo sedimentario è il risultato dell'evoluzione deposizionale dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento.

E' possibile riconoscere nella Pianura dell'Emilia-Romagna alcuni ambienti deposizionali: le conoidi alluvionali sono tipiche della zona pedeappenninica, ad esse fa seguito la piana alluvionale, che passa verso costa alla piana deltizia del fiume Po ed alla piana costiera.

I sedimenti di questi ambienti deposizionali sono costituiti da prevalentemente: ghiaie nelle conoidi alluvionali; sabbie, limi ed argille nella piana alluvionale; sabbie nella piana deltizia e costiera.

Nel sottosuolo i depositi della pianura costituiscono un cuneo che si allarga velocemente procedendo dal margine appenninico verso nord; lo spessore massimo di questi depositi arriva ad oltre 600 metri.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequaternarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche (cfr. Fig. 1).

In tale schema la pianura parmense è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di *thrust*: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento pedeappenninico (P.T.F.), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F), definisce il limite dell'Appennino sepolto, rappresentato, nell'area in questione, dalle strutture anticlinali di Busseto e di Brè, che proseguono verso SE nelle strutture di Collecchio e Parma.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	5 di 66

Queste strutture risultano tagliate trasversalmente dalle linee tettoniche del Taro e dello Stirone che determinano un inarcamento (in pianta) della linea dei *thrust*.

L'andamento strutturale dell'Appennino sepolto può essere interpretato come effetto di una compressione e di un raccorciamento crostale che, secondo i moderni schemi geodinamici, risulta legato ad un doppio fenomeno di subduzione e/o ispessimento della crosta. In tale quadro d'insieme si giustifica lo sviluppo della rete idrografica maggiore che risulta conforme ai principali assi di sinclinali sepolte.

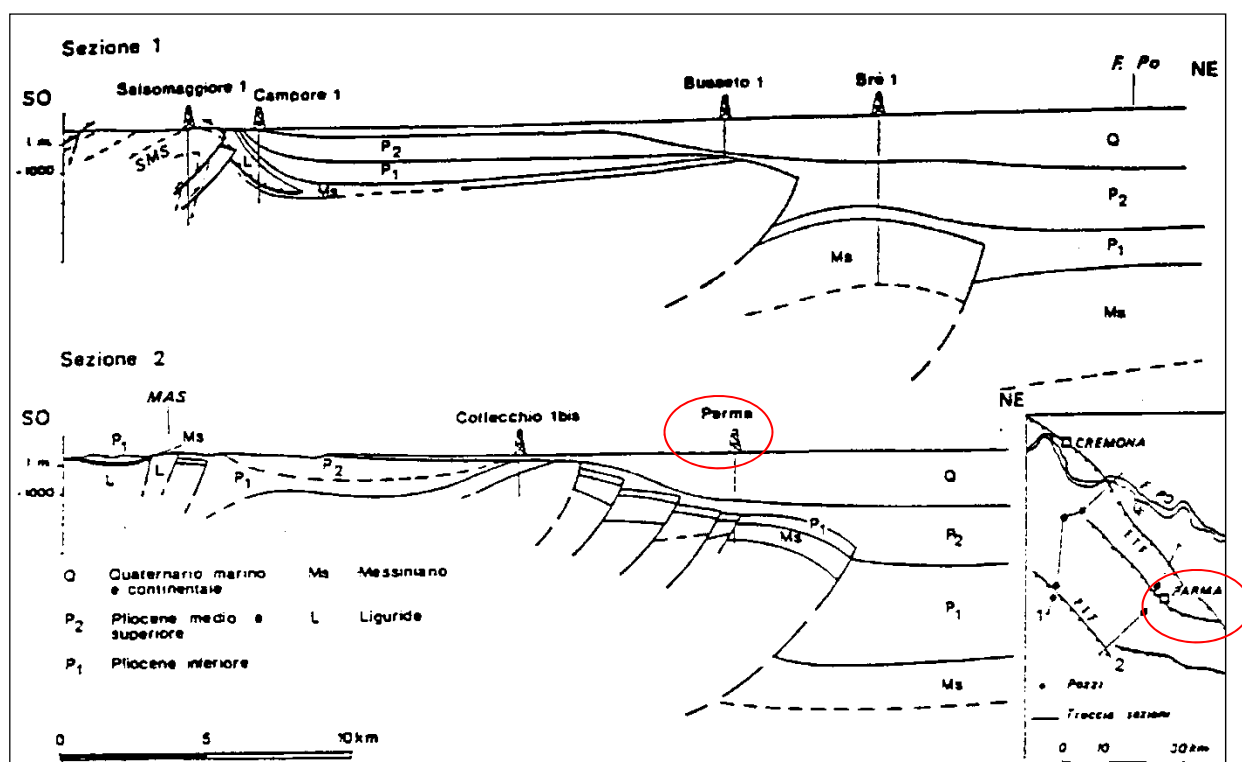


Fig. 1 - Sezioni geologiche dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Bernini e Papani, 1987)

2.2 Stratigrafia dei depositi quaternari

I depositi, nel territorio in esame sono contraddistinti da una potente successione terrigena del quaternario.

A scala padana la successione quaternaria ha un forte carattere regressivo con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	6 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

In conformità con quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite ed utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali *sensu Mitchum et Al. (1977)*.

Dal punto di vista gerarchico si distinguono due Sequenze Principali (Supersintemi secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da terreni paralici e marini depostisi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depostisi a partire da 800.000 anni BP.

Nel complesso i depositi affioranti nel territorio comunale di Parma sono relativi al Supersintema Emiliano-Romagnolo.

Nell'intorno d'interesse del presente studio, di tale unità affiora unicamente una sottounità definita in letteratura geologica come Subsintema di Ravenna.

L'unità di Ravenna (di età compresa tra Pleistocene superiore e Olocene) è generalmente costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi.

Lo spessore massimo raggiunto dall'unità è inferiore a 20 m mentre il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, all'interno del Subsintema di Ravenna, vengono distinte due unità di rango gerarchico inferiore: l'unità di Modena e l'unità Idice.

In particolare, dall'esame della Carta geolitologico-morfologica di Tav. 2, l'edificio oggetto di studio ricade all'interno dell'unità di Modena; tale unità è costituita da una successione sedimentaria la cui deposizione è inquadrabile nell'ambito degli eventi alluvionali che hanno caratterizzato gli ultimi 1.500 anni di storia evolutiva.

Trattasi di depositi di argine naturale con primo sottosuolo a tessitura prevalentemente limo-argillosa e limo-sabbiosa; in subordine sabbie fini, ai quali si intercalano livelli generalmente decimetrici di sabbie medio e/o grossolane.

2.3 Geomorfologia

L'area in esame è ubicata circa 4 km a nord della città di Parma in una porzione di pianura alluvionale, settore di territorio in cui gli eventi morfogenetici sono riconducibili essenzialmente all'attività tettonica e alla dinamica fluviale manifestatasi nel periodo

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	7 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

pleistocenico ed olocenico. Nel periodo storico si è sovrapposta anche l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive ed insediative.

Le interazioni tra i vari fattori dinamici hanno condizionato un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord/nord-ovest con gradiente topografico molto basso, dell'ordine dello 0,5%.

Proprio la riduzione della pendenza del piano campagna, rispetto al settore di territorio posto appena più a sud, segna il passaggio morfologico tra l'alta e la bassa pianura all'interno della quale ricade l'area di studio.

I corsi d'acqua rimangono le uniche zone che mantengono ancora, nonostante i massicci interventi di regimazione (arginature, pennelli, traverse, ecc.), un alto grado di naturalità con frequenti emergenze morfologiche.

Al contrario le aree esterne alle golene esprimono il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione ed insediamento hanno conferito al rilievo un assetto costante ed uniforme livellando tutte le asperità del terreno.

Si può affermare che, in zona, non sono presenti forme di particolare pregio né sussistono problematiche di dissesto morfologico.

Le quote del piano campagna all'interno della zona in esame variano all'incirca tra i 41,0 e i 42,0 m s.l.m.

2.4 Idrogeologia

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana emiliano-romagnola.

Secondo i più recenti studi (cfr. Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998) si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo, 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi (cfr. Fig. 2). Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	8 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Al suo interno ogni Gruppo è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, suddivisi, in senso orizzontale, in Complessi Acquiferi, da barriere di permeabilità costituite da corpi geologici decametrici, a prevalente granulometria fine.

Secondo l'attuale quadro delle conoscenze, i serbatoi acquiferi della Pianura Padana Parmense si sono formati, a partire da circa 1 milione di anni fa, dapprima all'interno di un sistema deposizionale di delta-conoide attribuibile ad un Paleo-Fiume Taro (Gruppo Acquifero C3), e poi, nel Pleistocene Medio e Superiore, all'interno delle Piane e delle Conoidi Alluvionali dei fiumi Po, Taro, Parma, Enza, Baganza e Stirone, elencati in ordine di importanza per dimensione dei serbatoi (Gruppi Acquiferi B e A).

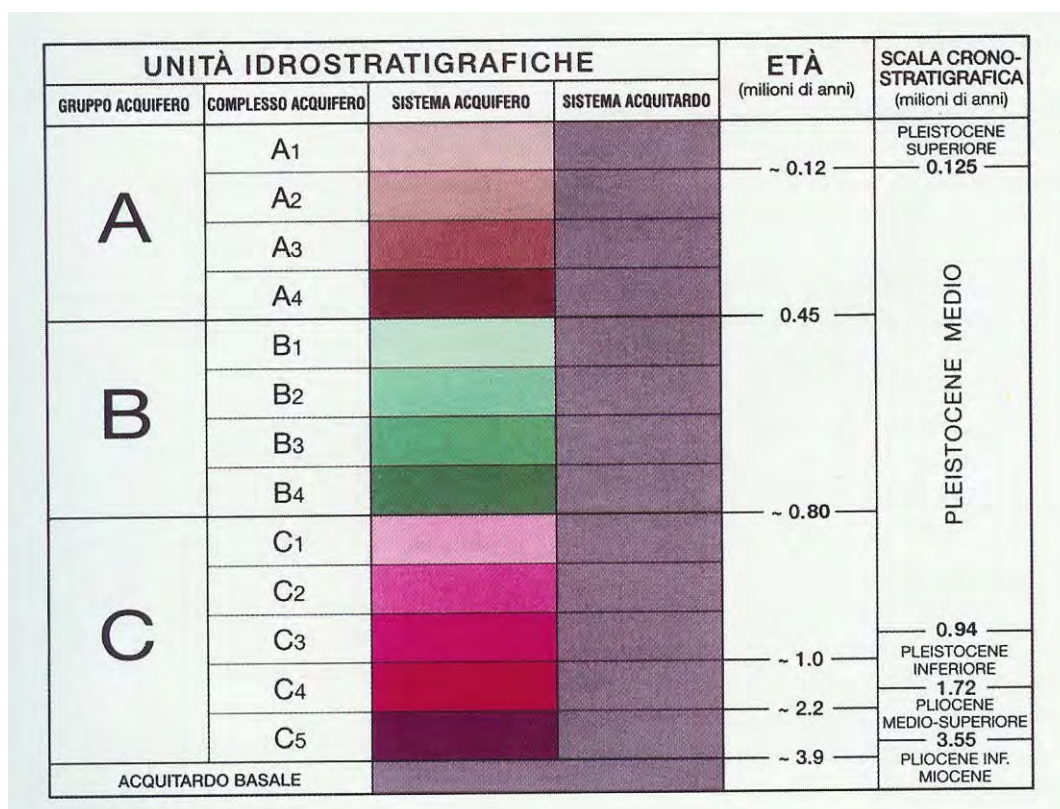


Fig. 2 – Schema idrostratigrafico della Pianura Emiliano-Romagnola (da Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998)

La ricostruzione geometrica dei corpi acquiferi ha consentito di distinguere nella Pianura Parmense tre aree di ricarica diretta:

- un'area pedecollinare, relativamente ristretta, di ricarica dell'intero serbatoio acquifero ed in particolare del Gruppo Acquifero C;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	9 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

- un'area intermedia, corrispondente all'incirca all'alta pianura dove avviene la ricarica degli acquiferi superficiali e dell'acquifero cosiddetto "principale" (Gruppi di Acquiferi A-B), attualmente sfruttato ad uso idropotabile;
- un'area più settentrionale di possibile alimentazione dei soli acquiferi più superficiali (Unità geologica Vignola e lenti acquifere sospese).

La zona in esame ricade in quest'ultima area.

Inoltre, secondo quanto indicato nell'elaborato SA5-04 "Idrogeologia", del Quadro Conoscitivo del P.S.C. del Comune di Parma, è interamente ubicata in *Zona di protezione totale degli Acquiferi principali* (cfr. Fig. 3); tale che:

- Il Complesso Superficiale A0 è composto da sedimenti fini, poco permeabili, che nel loro insieme costituiscono una barriera di permeabilità regionale, che protegge gli Acquiferi profondi dei Gruppi A e B da eventuali inquinanti sversati in superficie.

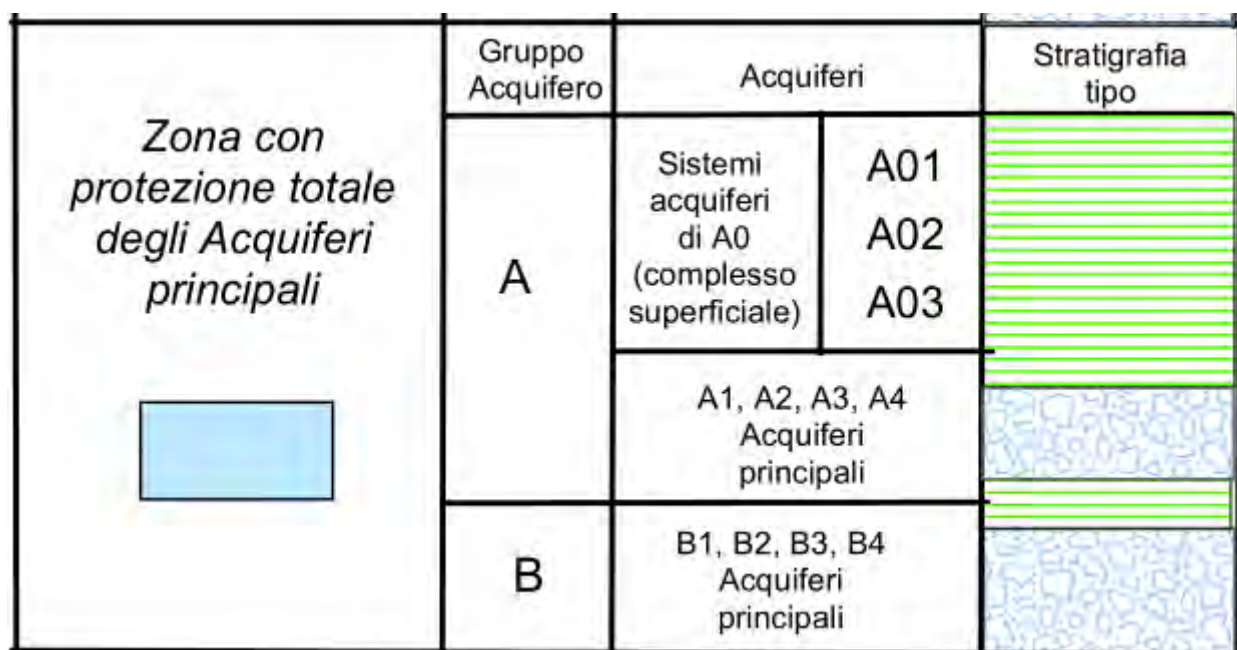


Fig. 3 – Stratigrafia tipo della Zona di protezione totale degli Acquiferi principali (da elaborato SA5-04 "Idrogeologia", del Quadro Conoscitivo del P.S.C. del Comune di Parma)

La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento condotta a scala comunale costituisce un approfondimento delle analisi e degli studi condotti dai servizi Ambiente e Difesa del Suolo e Agricoltura della Provincia di Parma, le cui risultanze sono state rappresentate nella Nuova Carta della Vulnerabilità del parmense (Alifracco et alii, 2001).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	10 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Da tale Carta deriva quella degli "Indirizzi per la tutela delle acque" a cui fanno riferimento le Norme Tecniche del P.T.C.P. – Allegato 4: Approfondimento in materia di tutela delle acque (Variante approvata il 22 Dicembre 2008 con Delibera di Consiglio Provinciale n°118), che colloca tutta l'area in esame in zona poco vulnerabile. Ciò in accordo anche con la Tavola 15 del Piano Provinciale di Tutela delle Acque, "Le aree di salvaguardia per la tutela delle acque potabili ed emergenze naturali", in cui si osserva che essa non ricade in alcuna zona di tutela o protezione dei vari settori.

Inoltre, nello stesso elaborato grafico, si è verificato che l'area oggetto di studio non ricade in alcuna zona di salvaguardia da pozzi idropotabili.

Le caratteristiche idrodinamiche del territorio in esame sono state rappresentate, alla scala 1:10.000, nella Carta idrogeologica di Tav. 3.

In tale elaborato, innanzitutto, è stato raffigurato l'assetto della prima falda, mediante rappresentazione di curve isopieze ad ugual livello statico, riprese dall'elaborato SA5-04 "Idrogeologia" del Quadro Conoscitivo del P.S.C. del Comune di Parma.

Dall'osservazione della tavola, si evidenzia che la soggiacenza della falda, in corrispondenza dell'area d'intervento, è ridotta: pari a 3/3.5 m dall'attuale piano campagna.

Le misure rilevate durante il periodo di esecuzione della campagna geognostica, Novembre 2018, confrontate con quelle rappresentate nella Carta idrogeologica di Tav. 3, confermano tali valori: la soggiacenza rilevata corrisponde, infatti, a valori prossimi ai 3.8-3.9 m dall'attuale piano campagna.

L'andamento delle isopieze risulta in sostanziale accordo con le caratteristiche generali dell'unità idrogeologica: la direzione del flusso idrico sotterraneo, sempre ortogonale all'andamento delle isopieze, presenta direzione prevalentemente verso nord.

Il gradiente idraulico si mantiene generalmente su valori medi dell'ordine dello 0.2%.

Osservazioni di serie storiche mostrano che la falda presenta un regime piezometrico di tipo unimodale, caratterizzato, normalmente, da un massimo primaverile e un minimo autunnale.

3 INDAGINI ESEGUITE

Come indicato nelle premesse, per determinare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni che sono interessati dalle opere in progetto sono state eseguite n°2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU1 e CPTU2).

È stata inoltre utilizzata una prova SCPTU realizzata in precedenza a poca distanza dalla scuola.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	11 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Per la verifica delle caratteristiche sismiche del sottosuolo è stata, invece, effettuata un'indagine geofisica attraverso tomografo digitale.

L'ubicazione delle indagini è stata rappresentata, in scala 1:500, nella Planimetria ubicazione indagini di Tav. 4.

I risultati delle prove penetrometriche eseguite sono riportati nell'All. 1, mentre i risultati del rilievo sismico sono riportati nell'All. 2. In All.3 è riportata la prova SCPTU.

3.1 Prova penetrometrica statica con punta elettrica

Ciascuna prova è consistita nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica dotata di piezocono, di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato per mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione per la misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrati su supporti magnetici e successivamente elaborati.

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- Diametro di base del cono $\Phi = 35.7 \text{ mm}$;
- Area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$;
- Angolo apertura del cono $B = 60^\circ$.

Nei diagrammi e nelle tabelle riportate in allegato sono definiti i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- q_c (MPa) = resistenza alla punta (conica);
- f_s (kPa) = attrito laterale (manicotto);
- U (kPa) = pressione dei pori (setto poroso).

I parametri sopra descritti sono rilevati ad intervalli regolari di 2 cm.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	12 di 66

In Fig. 4 e Fig. 5 sono rappresentati i grafici delle variazioni alla resistenza alla punta (R_p) e dell'attrito laterale (F_s) con la profondità rispetto alla quota 0 da p.c.

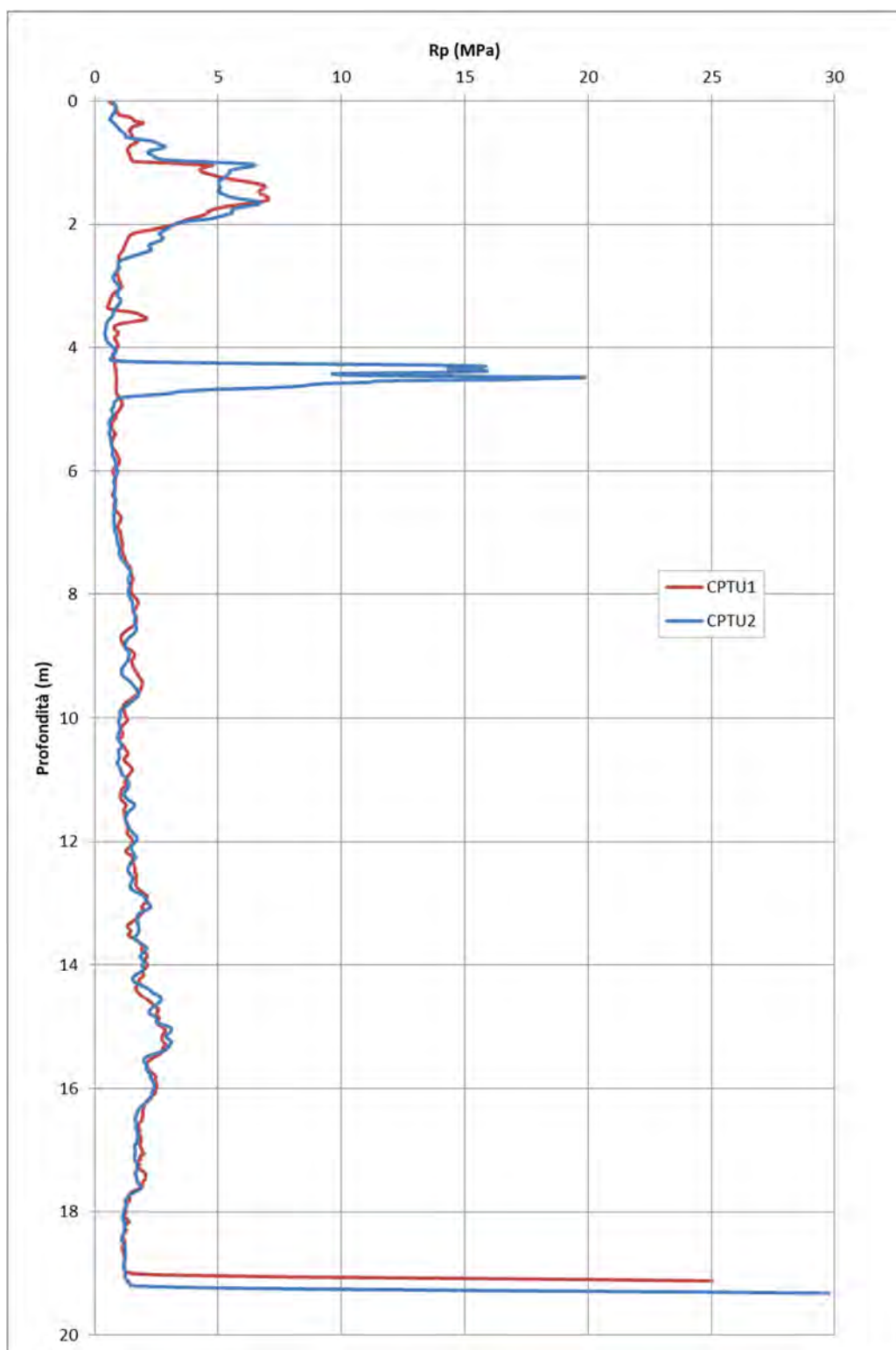
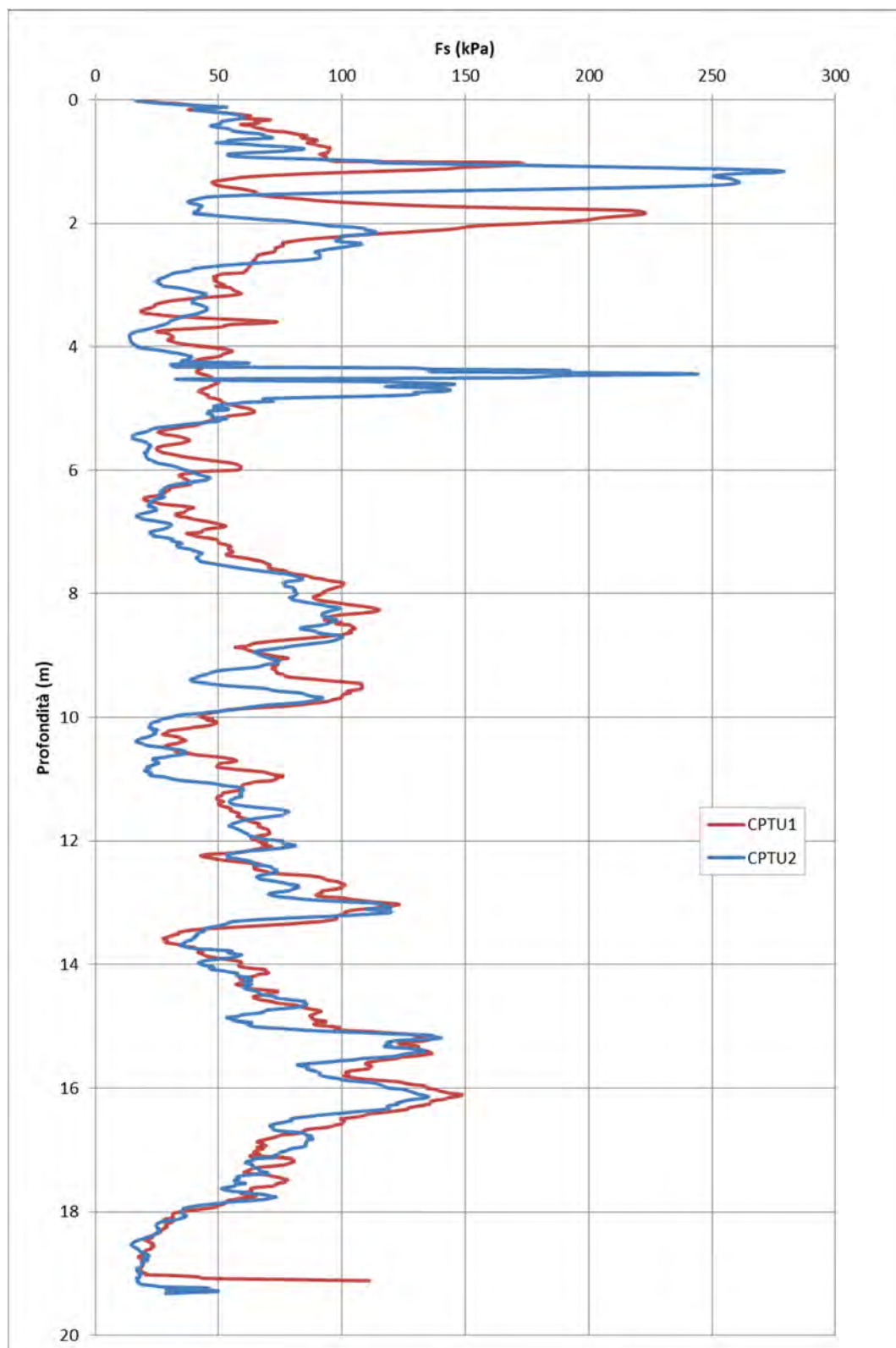


Fig. 4 – Rappresentazione grafica della resistenza alla punta R_p

Fig. 5– Rappresentazione grafica dell'attrito laterale F_s

3.2 Indagine mediante sismocono

Per verificare le caratteristiche sismiche dei terreni è stata utilizzata una prova con cono sismico (SCPTU1) attrezzando lo strumento con una punta con piezocono e geofoni.

La prova SCPTU è stata eseguita utilizzando un penetrometro GeoMill da 200 kN di spinta massima (con punta Tecnopenta G1-CPL2IN), montato su autocarro Mercedes Unimog 4 X 4.

Oltre ai normali parametri della prova CPTU registrati ogni 2 cm, nella prova con sismocono, ad ogni metro di profondità, viene sospesa l'infissione, e, a piano campagna, vengono generate delle onde di taglio (onde S) percuotendo orizzontalmente, con una mazza, una trave vincolata al terreno, per avere un sismogramma con una prevalente fase S.

Tramite sensori sismici, presenti all'interno della punta penetrometrica, e adeguato acquisitore dinamico, è possibile rilevare e registrare i segnali prodotti in superficie e, di conseguenza, determinare i tempi necessari alle onde S per percorrere il tratto da piano campagna fino alla profondità a cui si trova il geofono (tempi di arrivo).

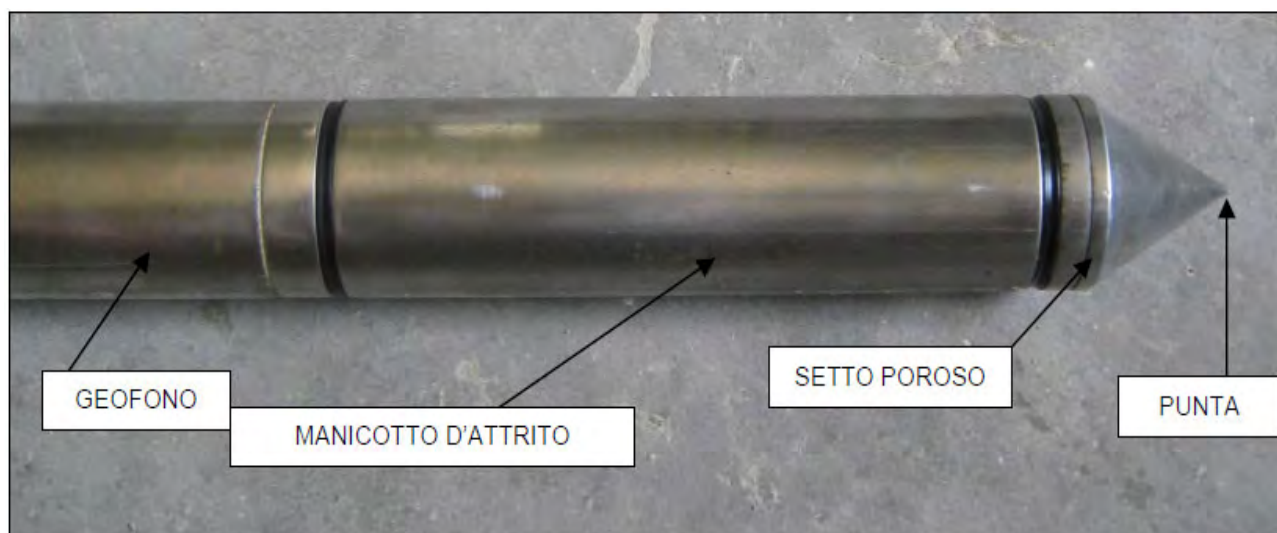


Fig. 6 – Punta del penetrometro elettrico e sismocono

Attraverso il rapporto distanza/tempo di percorrenza, è possibile determinare, direttamente e con grande precisione, le velocità delle onde S, caratterizzando i vari strati di terreno attraversati.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	15 di 66

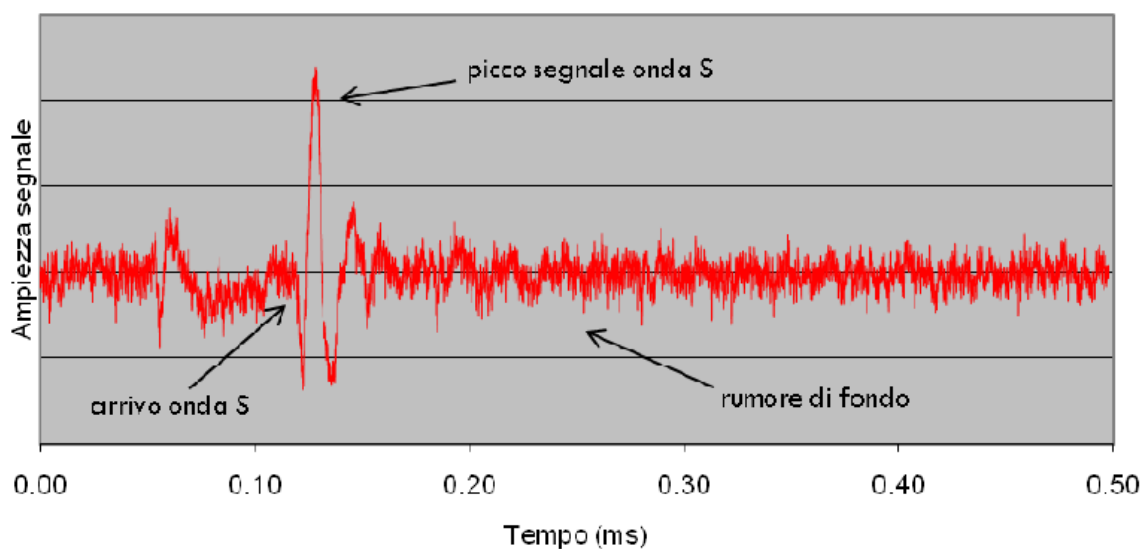
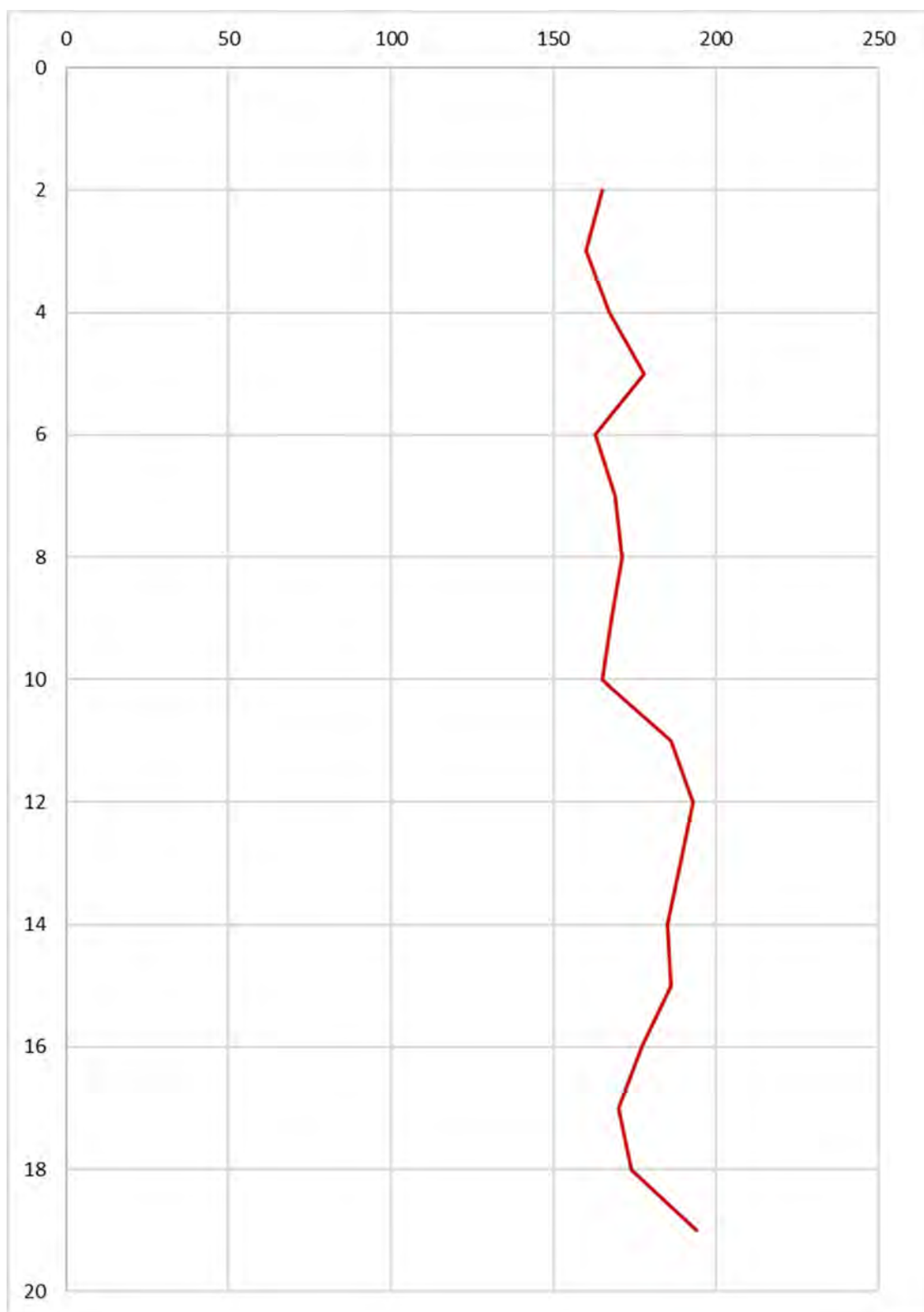


Fig. 7 – Esempio di sismogramma del segnale registrato a 10 m di profondità

In partica la prova con sismocono è da considerare una prova *Down-Hole* a tutti gli effetti.

In Fig. 8 viene riportato il grafico, in funzione della profondità della velocità delle sole onde S registrate nella prova SCPTU.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	16 di 66

Fig. 8 – Valori di V_s in funzione della profondità misurati per la prova SCPTU1

3.3 Rilievo sismico mediante tromografo digitale

Ai fini dell'approfondimento della caratterizzazione sismica dei suoli di fondazione e in ottemperanza alle indicazioni contenute nel testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17-01-2018) è stata condotta un'indagine geofisica in sito tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) sulla base dei segnali registrati mediante un tromografo digitale.

L'ubicazione della prova tromografica è rappresentata in Tav. 4.

La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (20 minuti).

Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z).

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, Fig. 9) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni, Fig. 10).

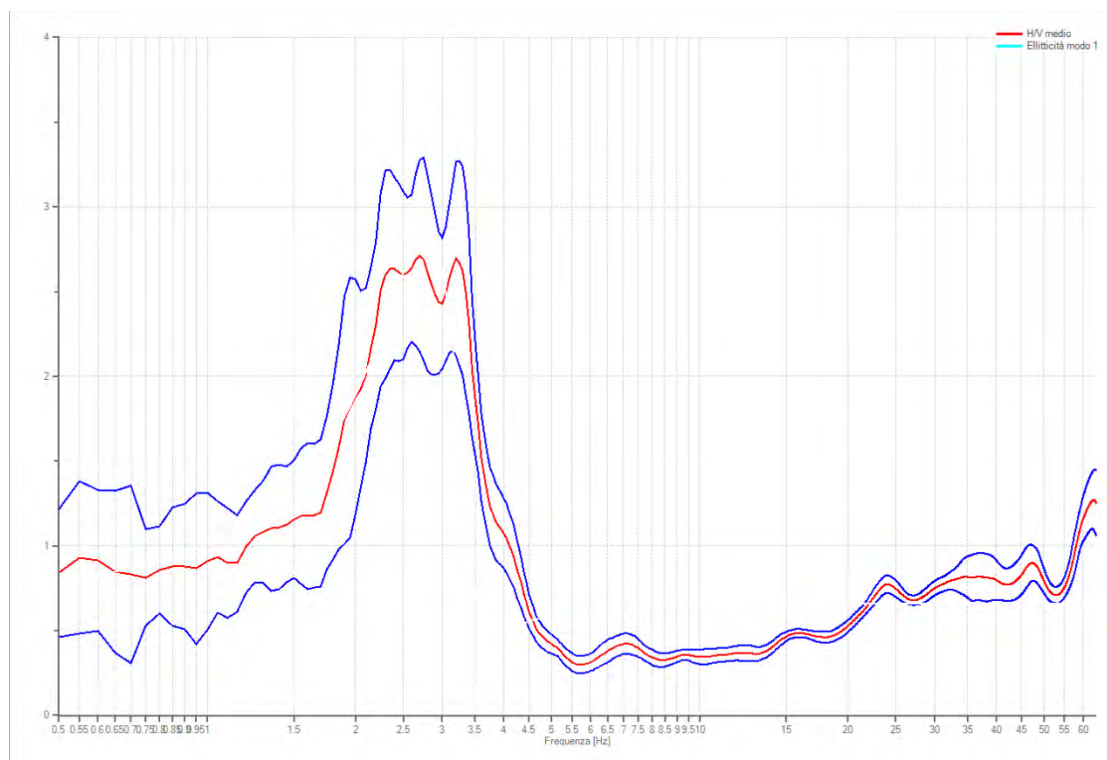


Fig. 9 - Rapporto spettrale orizzontale su verticale

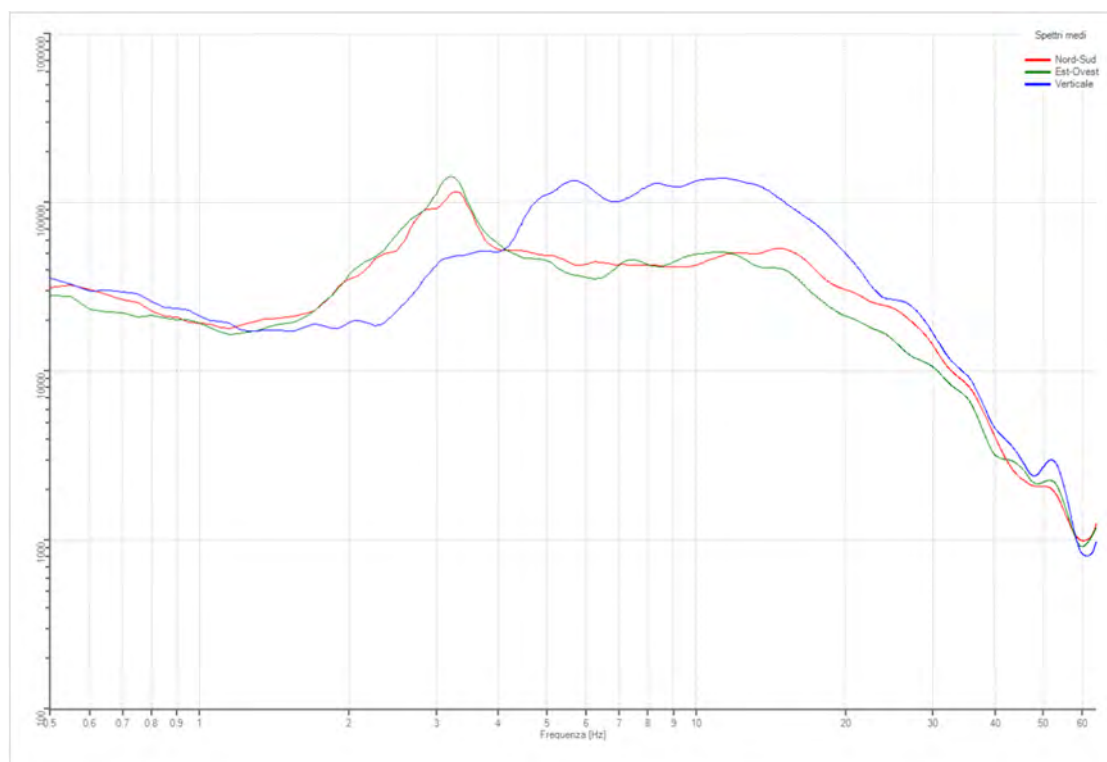


Fig. 10 – Spettri delle singole componenti

A riguardo, va sottolineato come il confronto fra questi due tipi di grafici consenta di distinguere i picchi di frequenza dovuti a disturbi nel corso della misurazione, in cui tutte le componenti hanno lo stesso andamento, da quelli dovuti a motivi stratigrafici, in cui la componente verticale, a differenza delle altre due, presenta un minimo locale.

I risultati ottenuti, riportati nell'All.2, sono:

1. *La frequenza di risonanza caratteristica del sito;*
2. *La velocità media delle onde di taglio V_s .*

Per determinare la velocità delle onde di taglio V_s è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavato attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente lega tra di loro parametri quali la frequenza di risonanza del terreno (f), la velocità delle onde S (V_s) e la profondità della base dello strato (H):

$$f(\text{Hz}) = \frac{V_s}{4H}$$

Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, ottenuta, attraverso l'esecuzione delle indagini geognostiche, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	19 di 66

una curva sintetica la quale ha la funzione di approssimare, nel miglior modo possibile, i picchi di frequenza registrati dal tromografo, in modo da ricavare la V_s media per ogni singolo strato.

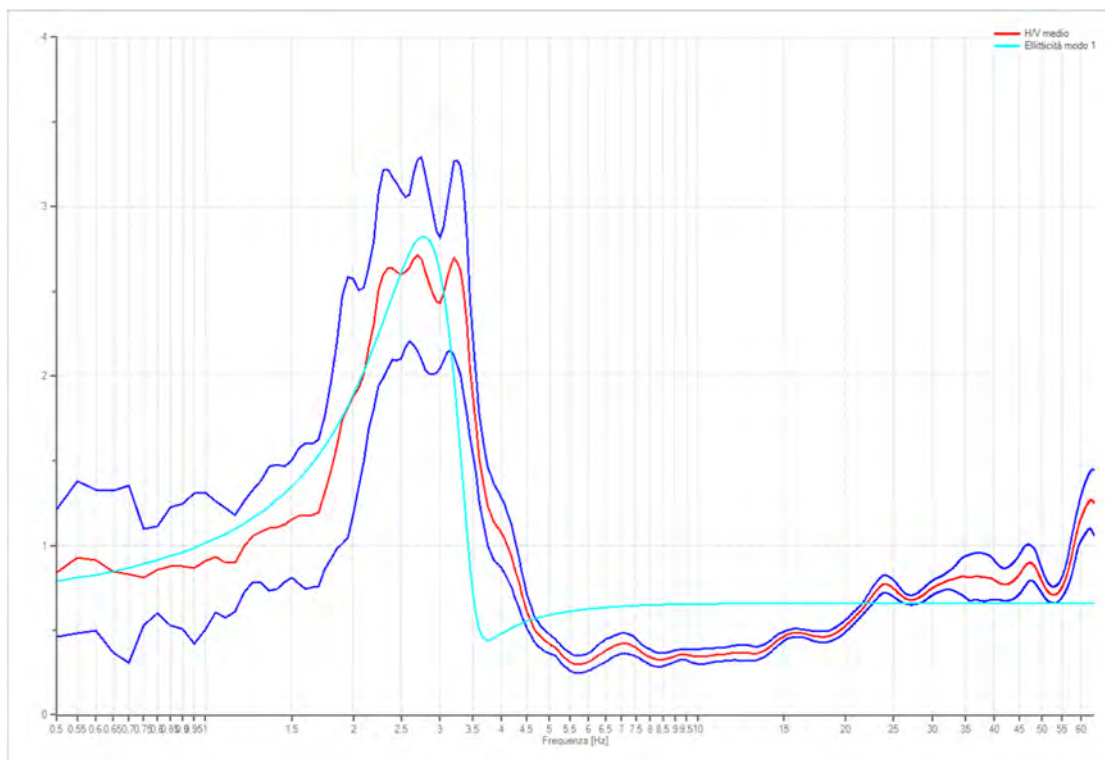


Fig. 11 – Rapporto spettrale orizzontale su verticale e curva sintetica

Sulla base di tali elaborazioni sono state ottenute le curve della V_s in funzione della profondità.

In conclusione, nel sito in esame non è stata riscontrata la presenza di un *bedrock sismico* (strato caratterizzato da valori di V_s superiori a 800 m/s) nei primi 30 m di sottosuolo, pertanto la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione ($V_{s,30}$) coincide con il parametro $V_{s,30}$ che è definita come:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

risulta pari a **224 m/s**. Da tale valore consegue che il sottosuolo in esame è classificabile in Categoria C: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori 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”*

4 CARATTERI LITOSTRATIMETRICI

Le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire la sezione litostratimetrica dell'area oggetto di studio (Tav. 5) di cui si riporta uno stralcio in Fig. 12.

In generale si tratta di depositi appartenenti all'unità di Ravenna come si evince da Tav. 2.

In sintesi, la successione stratigrafica rappresentata è la seguente:

- Da 0 m a -0.94 m da p.c.: Terreni di copertura di riporto
- Da -0.94 m a -1.98÷-2.18 m da p.c.: Depositi alluvionali prevalentemente argillosi a comportamento coesivo di natura sovraconsolidata
- Da -1.98÷-2.18 m a -19.02÷-19.22 m da p.c.: Depositi alluvionali prevalentemente argillosi a comportamento coesivo di natura normalconsolidata (con sottile livello ghiaioso all'incirca tra -4.18 e -4.82 m da p.c. rinvenuto nella sola prova CPTU2)
- Da -19.02÷-19.22 m a max profondità indagata: Depositi prevalentemente ghiaiosi

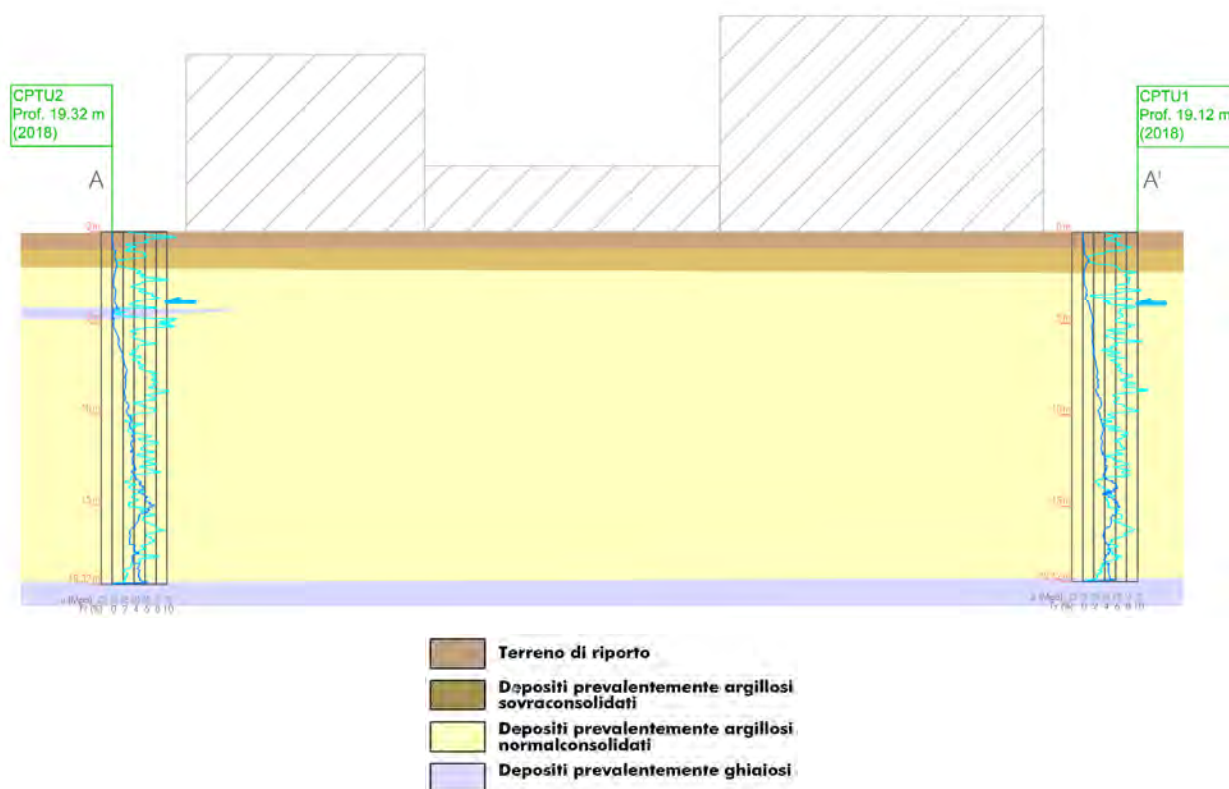


Fig. 12 - Rappresentazione grafica della sezione litostratimetrica

Le stratigrafie dei pozzi al contorno hanno consentito di evidenziare che lo spessore delle ghiaie, presenti dalla profondità di 19 m da p.c. supera i 10-15 m.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	21 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

5 SISMICITÀ

5.1 Caratteristiche sismotettoniche

Per avere un quadro degli elementi che concorrono alla pericolosità sismica del territorio comunale di Parma non si può non fare riferimento agli studi che la Regione Emilia-Romagna ha condotto, a partire dalla fine degli anni '90, principalmente, in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, e che, proprio quest'anno (2018), hanno consentito di pubblicare la "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe".

Ai fini della realizzazione di tale cartografia, sono risultate fondamentali l'identificazione e la rappresentazione delle strutture tettoniche attive; dove, per strutture tettoniche attive, in questo caso, si intendono quelle che mostrano chiare evidenze di influenza sull'evoluzione morfologica del paesaggio attuale o hanno deformato orizzonti stratigrafici non più antichi di 450.000 anni, età attribuita al limite inferiore del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (*marker* stratigrafico più importante alla scala del territorio d'interesse).

Le strutture che presentano evidenze minori o meno certe di influenza sull'evoluzione morfologica del paesaggio attuale o di deformazione degli orizzonti stratigrafici non più antichi di 450.000 anni sono, invece, definite potenzialmente attive.

Inoltre, strutture attive e potenzialmente attive sono state suddivise in:

- affioranti, ovvero che hanno deformato la superficie topografica o, in pianura, hanno deformato la parte più superficiale del sottosuolo, vale a dire fino a profondità inferiori di 100 m dal piano campagna;
- sepolte, ovvero che mostrano evidenze di attività recenti o in atto (es. associazione con eventi sismici) ma a carico di orizzonti stratigrafici profondi almeno alcune centinaia di metri e non arrivano a deformare i livelli superficiali del sottosuolo (≥ 100 m da p.c.).

In Fig. 13 è riportata una mappa delle principali strutture attive e potenzialmente attive che, nella "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe", sono rappresentate, per chiarezza d'illustrazione, in forma sintetica, tracciando le proiezioni in superficie delle intersezioni dei fronti principali delle strutture tettoniche con la base dei depositi pliocenici.

Dall'analisi delle profondità dei terremoti per i quali sono state calcolate soluzioni focali, si evince che i meccanismi di tipo estensionale sono frequenti soprattutto nei primi 15÷20 km della zona assiale della catena e del versante ligure-toscano, mentre i meccanismi inversi sono più frequenti nel settore padano-adriatico; in catena i meccanismi di tipo compressivo sono localizzati per lo più a profondità maggiori di 20 km; i meccanismi di tipo trascorrente

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	22 di 66

sembrano più frequenti nella parte occidentale della Regione dove sono stati localizzati anche a profondità elevate.

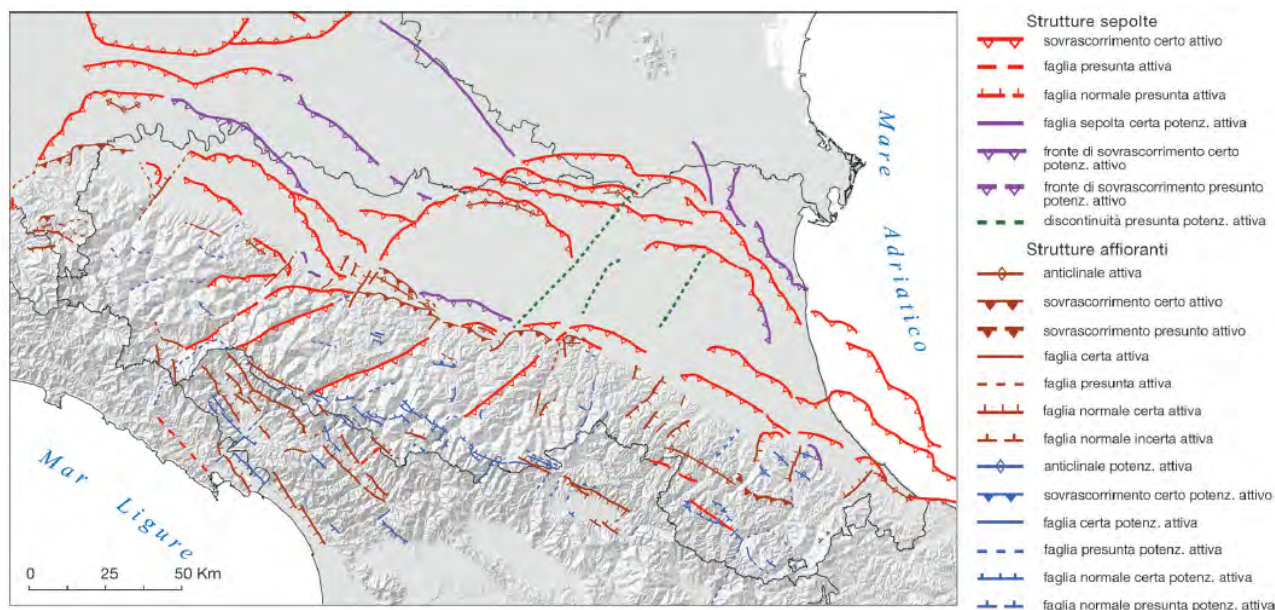


Fig. 13 – Mappa di sintesi delle strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riportate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe”

La rappresentazione di sezioni con ipocentri ricadenti all'intorno di 10 km ha, invece, evidenziato una concentrazione degli ipocentri dei terremoti strumentali che definiscono un'ampia fascia, la quale, dalla zona padano-adriatica, immerge verso sud-ovest, mentre nel versante tirrenico i terremoti sembrano meno concentrati. In alcuni casi queste fasce sembrano essere la prosecuzione in profondità delle strutture attive riconosciute nei primi 10÷15 km; tali fasce potrebbero quindi identificare zone di faglia profonde attive e sismogenetiche.

In Fig. 14 è mostrato il confronto tra le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” e le zone del catalogo DISS 3.2, il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana¹.

A riguardo, è interessante osservare che il Comune di Parma ricade, seppur parzialmente, all'interno della sorgente sismogenetica composta ITCS009 – Busseto-Caviago, individuata nel catalogo DISS 3.2, ritenuta capace di generare terremoti di

¹ Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, [doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.04.014)

magnitudo pari a 5.6, con meccanismi di *thrust* ad una profondità compresa tra 2 e 8 km; *thrust* indicati come attivi (cfr. anche Fig. 15), nell'ultima cartografia sismotettonica, al pari degli altri fronti interni delle Pieghe Emiliane, limitati a ovest dalla struttura trasversale della val Trebbia e a est da quella della val d'Enza.

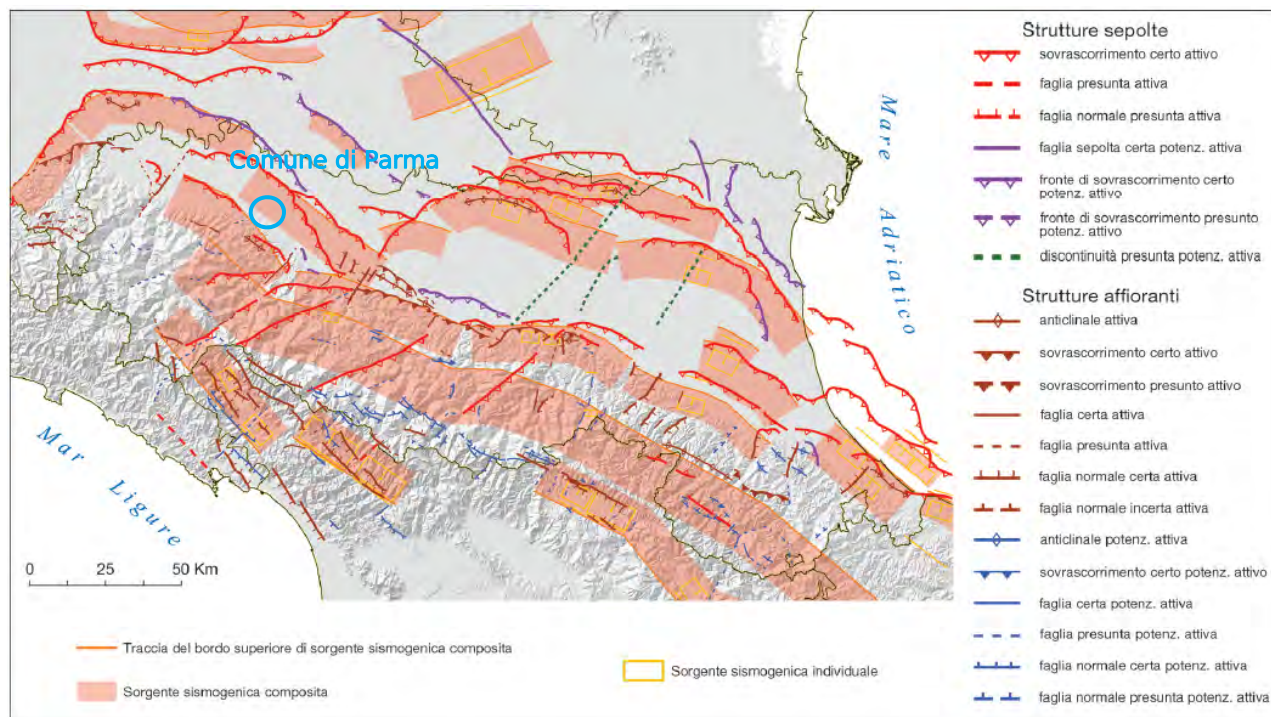


Fig. 14 – Mappa di confronto tra le strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riportate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” e le zone sismogenetiche del DISS 3.2

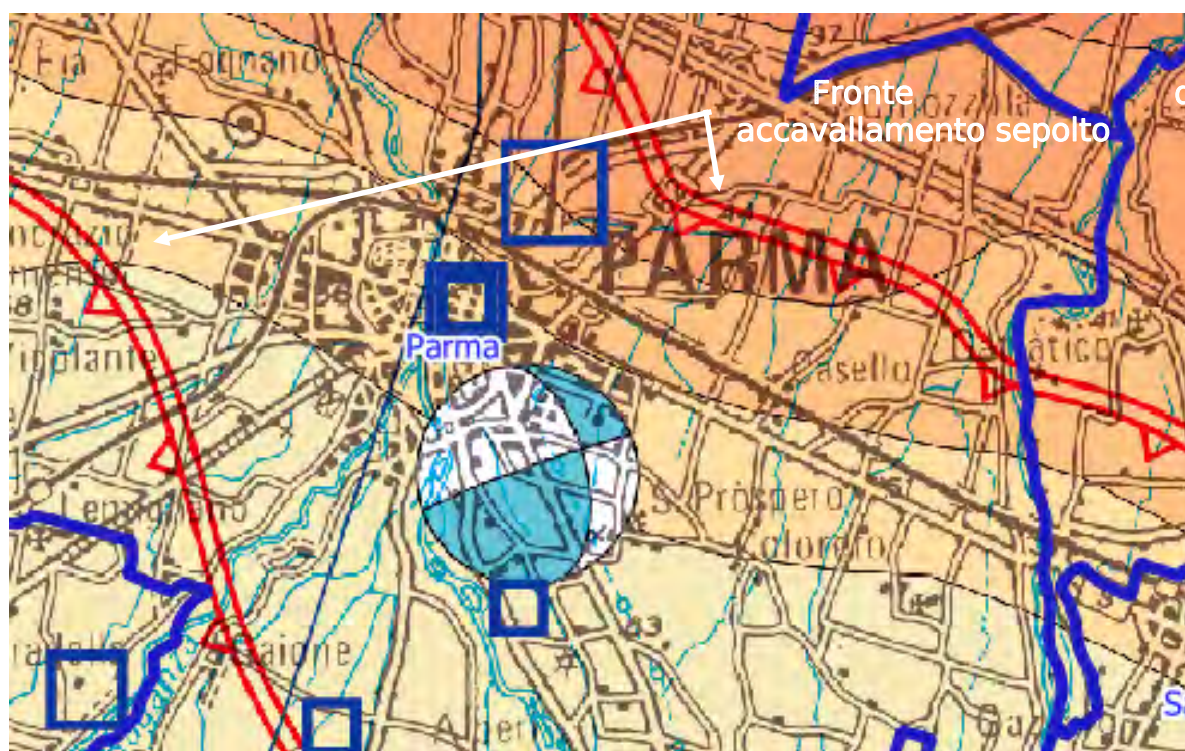


Fig. 15 – Stralcio della “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe”

Differentemente, poco più a nord, è indicata l'estremità sud-orientale della struttura potenzialmente attiva che verso nord-ovest si raccorda con il fronte di accavallamento sub affiorante di S. Angelo Lodigiano – Casalpusterlengo nella zona di Castiglione d'Adda.

Sulla base dei nuovi dati acquisiti per la realizzazione della “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” è stata proposta, da parte di Martelli *et alii* (2017), anche una nuova zonazione sismogenetica dell'Appennino emiliano-romagnolo e aree limitrofe, al fine di fornire un contributo per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica nazionale: la MPS16, che andrà a sostituire la MPS04, che, con la zonazione sismogenetica ZS9, rappresenta l'attuale riferimento per il calcolo dell'azione sismica (NTC2008) e la riclassificazione sismica (OPCM 3519/2006).

Secondo questa nuova proposta, in Fig. 16 messa a confronto con le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute, il Comune di Parma ricade in zona sismogenetica con meccanismi di rottura prevalentemente di tipo trascorrente (*strike slip fault*).

 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	25 di 66

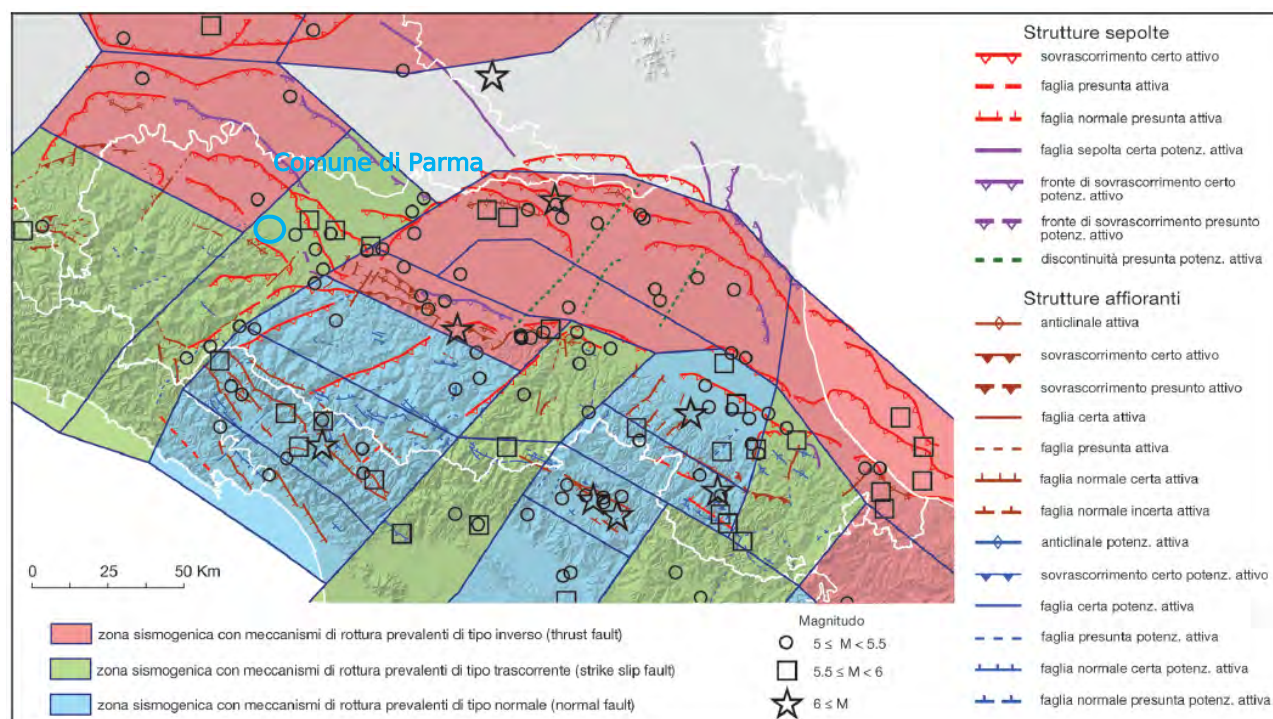


Fig. 16 – Mappa di confronto tra le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute e la zonazione sismogenetica proposta da Martelli et al. (2017)

Più precisamente (cfr. Fig. 17), rientra nella Zona 2 Taro-Enza, contraddistinta dalle seguenti caratteristiche sismotettoniche

- *Orientazione delle principali faglie attive: NE-SW (S/45-60)*
- *Geometria principale delle faglie attive: trascorrente*
- *Geometria secondaria delle faglie attive: inversa*
- *Profondità ipocentrale stimata: 5-30 km*
- *Magnitudo massima osservata: 5.5*
- *Magnitudo massima calcolata: 5.71 +/- 0.29*
e che viene così descritta:
- *Zona estesa dal Mar Ligure (Liguria di Levante) al Po, caratterizzata dalla presenza di importanti elementi tettonici trasversali all'asse della catena, con componente di movimento trascorrente, che interrompono e dislocano le strutture "appenniniche". Le profondità ipocentrali sono talora elevate (>30 km), Lungo il margine appenninico e in corrispondenza del settore orientale delle Pieghe Emiliane si ritengono probabili sovrascorrimenti attivi. La direzione di compressione (assi P) è in ogni caso circa N-S. La magnitudo storica massima è $M \approx 5.7$. Corrisponde alla parte occidentale delle zone ZS9 913, 915 e 916; la parte settentrionale non era compresa in nessuna zona ZS9.*

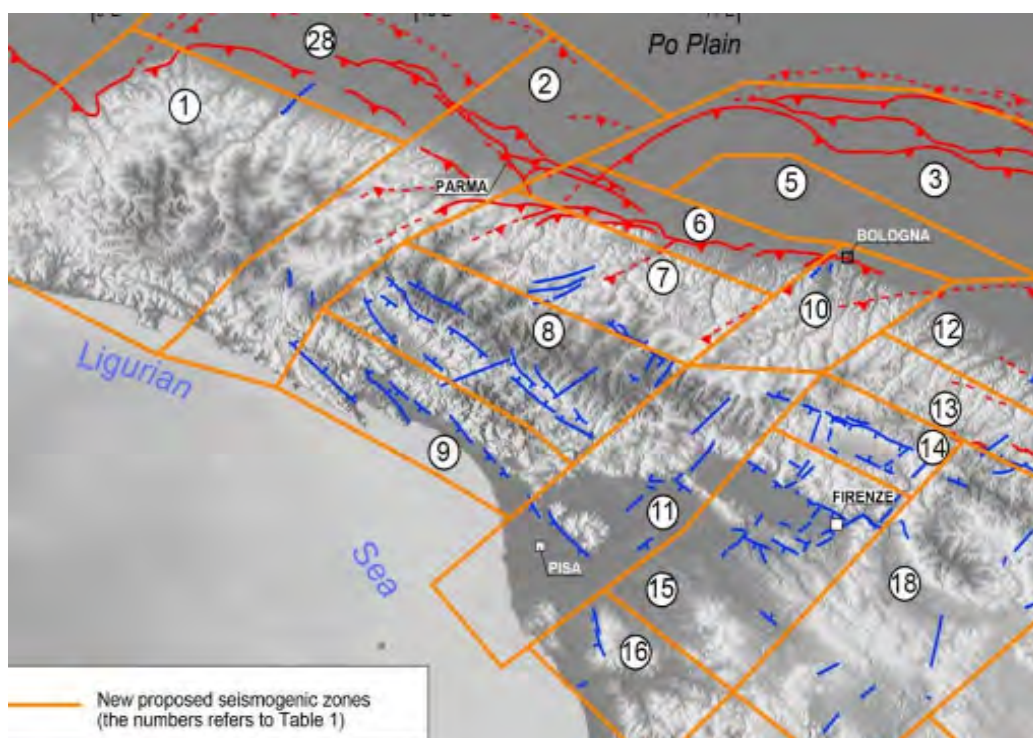


Fig. 17 –Zone sismogenetiche proposte da Martelli et al. (2017) e loro numerazione

Esaminando, infatti, la zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004), di cui è riportato uno stralcio in Fig. 18, il Comune di Parma ricade, solo in minima parte (all'estremità meridionale), all'interno della zona 913, denominata "Appennino Emiliano".

Detta zona è contraddistinta da eventi sismici di magnitudo medio-bassa (la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$), originati da movimenti prevalentemente compressivi, a NW, e distensivi, a SE, con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	27 di 66

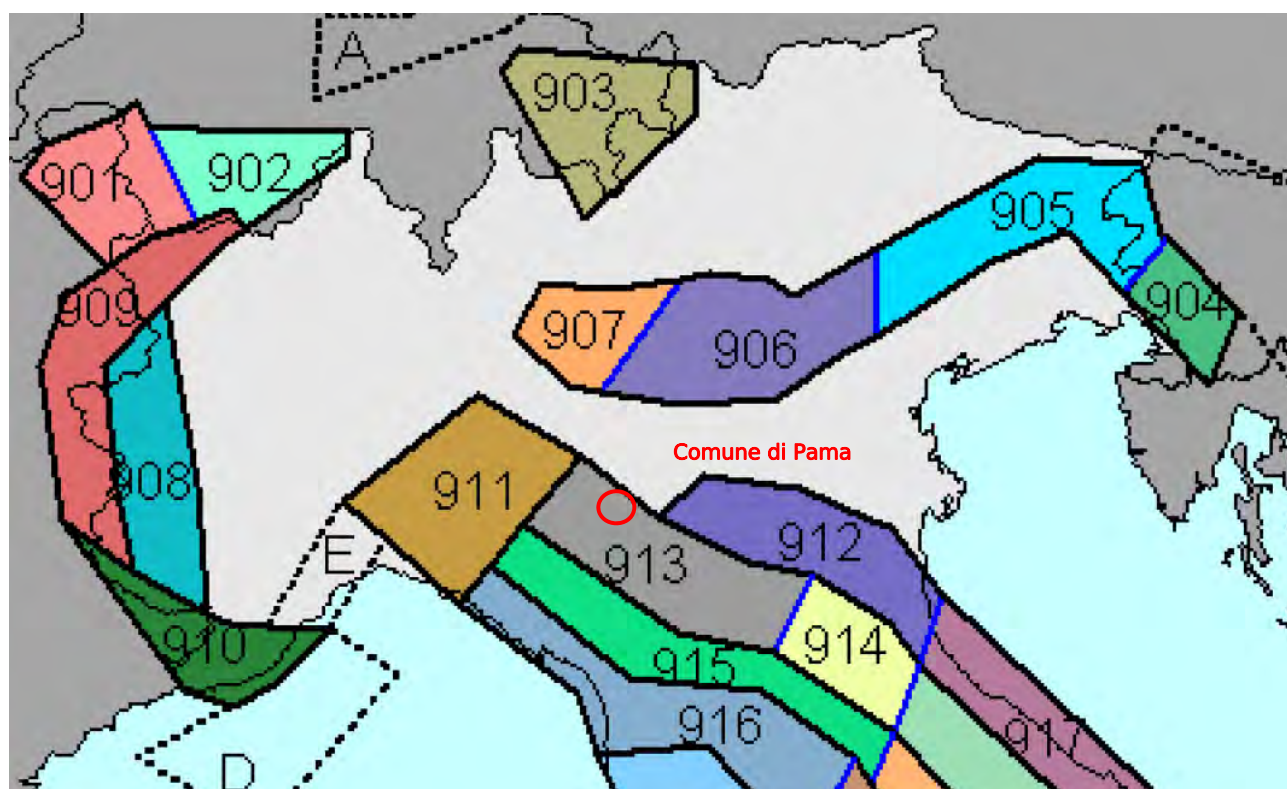


Fig. 18 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 (2004)

Il maggior numero di terremoti che si verificano nella zona 913 presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km, con profondità efficace di 13 km.

Sulla base dei meccanismi focali, sono previsti valori "cautelativi" di massima magnitudo (M_{wmax2}) pari a = 6.14.

5.2 Storia sismica

La storia sismica del territorio di Baganzola, che ricade all'interno del comune di Parma, è stata desunta da "DBMI15, database macrosismico italiano"², database realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti. Per tale territorio si è fatto riferimento alla storia sismica di Parma, molto più approfondita.

Secondo quanto indicato in DBMI15, la storia sismica a Parma è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 19, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggiore intensità verificatisi sul territorio, indicando per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al

² Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	28 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

sito (Is), l'anno, la data (comprendente mese, giorno ora ed eventualmente, minuto) in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

<i>Effetti</i>	<i>In occasione del terremoto del</i>					
Int.	Anno	Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1304	10 23 00 45	Pianura emiliana	4		
5	1344	11 11	Parma	1	5	4.16
5	1481	02 07 22 45	Pianura emiliana	2	5	4.16
5	1505	01 03 02	Bolognese	31	8	5.62
5	1642	06 13	Pianura lombarda	8	6	4.92
5	1796	10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
5	1806	02 12	Reggiano	28	7	5.21
5	1886	10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.7
5	1898	03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
5	1901	10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
5	1919	06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
5	1929	04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
5	1951	05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
5	1969	06 24 13 25 1	Parmense	15	5	4.21
5	1980	12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
5	1987	05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1996	10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	2008	12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
5-6	1222	12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
5-6	1383	07 24 20	Parma	2	4-5	3.93
5-6	1786	04 07 00 15	Pianura lombarda	10	6-7	5.22
5-6	1831	07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.6
5-6	1832	03 12 02 30	Parmense	4		
5-6	2012	01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98
6	1628	11 04 15 40	Parma	1		
6	1695	02 25 05 30	Asolano	107	10	6.4
6	1774	03 04	Parma	2	5	4.16
6	1832	03 11 08 45	Parmense	14		
6	1914	10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6	1915	10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
6	1920	09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
6	1937	09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
6-7	1628	11 04 15 40	Parma	1	6-7	4.86
6-7	1732	02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
6-7	1818	12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
6-7	1857	02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
6-7	1873	09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
6-7	1971	07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
7	1409	11 15 11 15	Parma	1	7	5.1
7	1572	06 04 22	Parmense	5	6	4.63
7	1738	11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.1
7	1831	09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
7	1832	03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
7	1983	11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04

Tab. 1 – Eventi sismici di maggiore intensità i cui effetti si sono risentiti a Parma

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	29 di 66

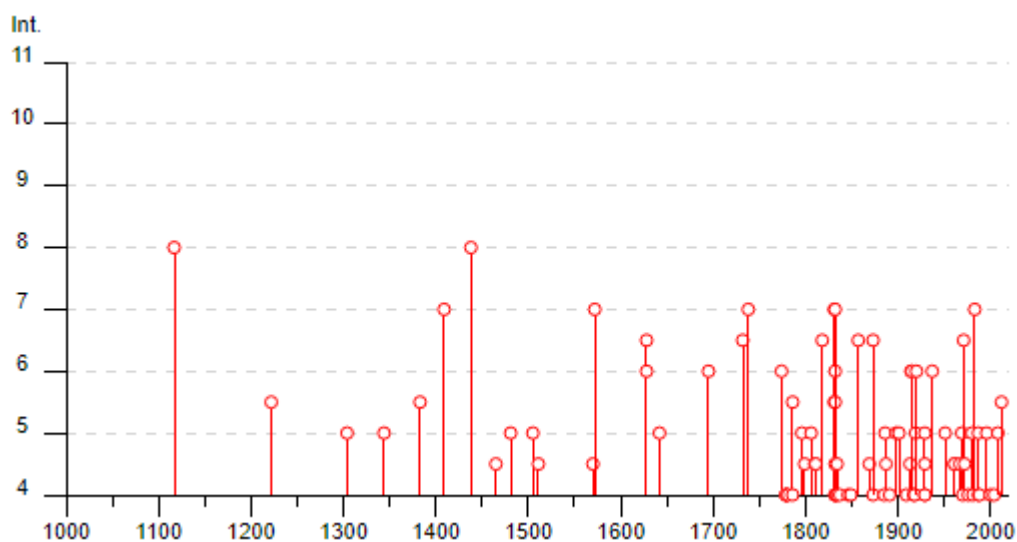


Fig. 19 - Grafico rappresentante gli eventi sismici di Parma

Dalla lettura dei dati si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Parma si è verificato il 11 Giugno 1438 con un'intensità dell'VIII grado della scala MCS. L'epicentro (cfr. Fig. 20) viene indicato una quindicina di chilometri ad Ovest dalla città.

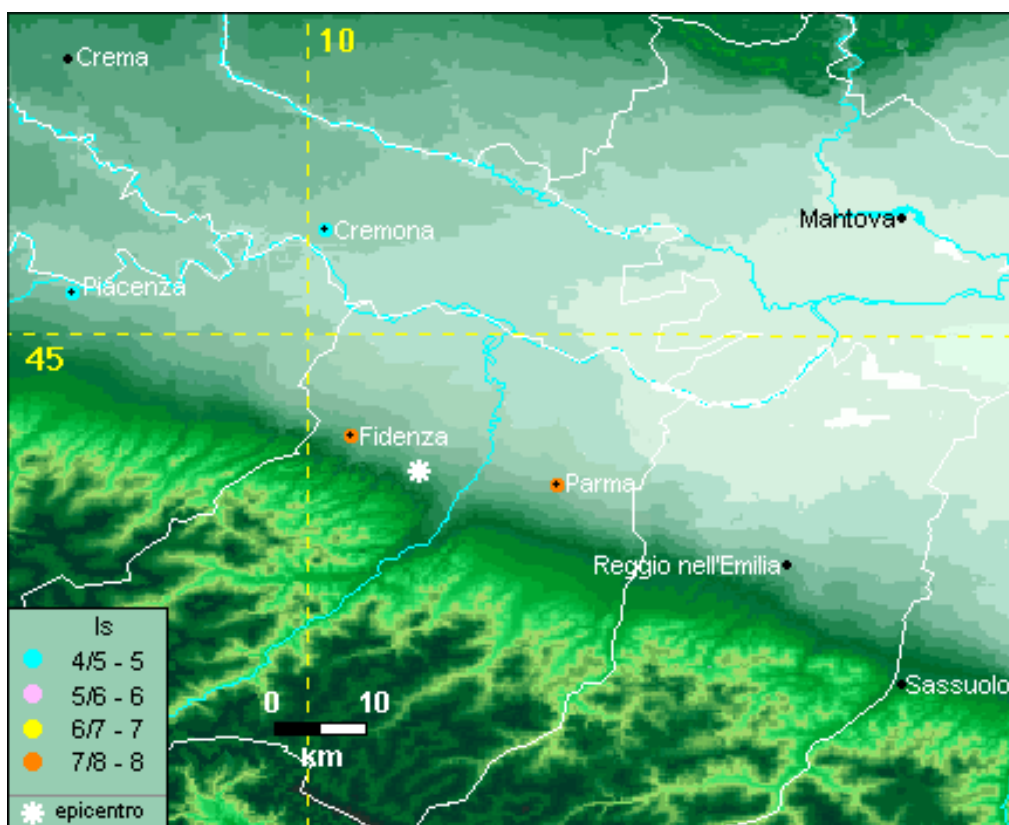


Fig. 20 – Mappa d'intensità sismica relativa all'evento del 11.06.1438

5.3 Classificazione sismica del territorio

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. La delibera della giunta regionale 23 luglio 2018 n.1164 aggiorna la classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia Romagna, riclassificando il territorio. Secondo tale aggiornamento, come indicato in Fig. 21, il territorio di Baganzola, che ricade all'interno del comune di Parma, è identificato in zona 3 (a sismicità bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, inferiori a $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

Tale classificazione ha tuttavia esclusivo valore amministrativo; infatti alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), in cui l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

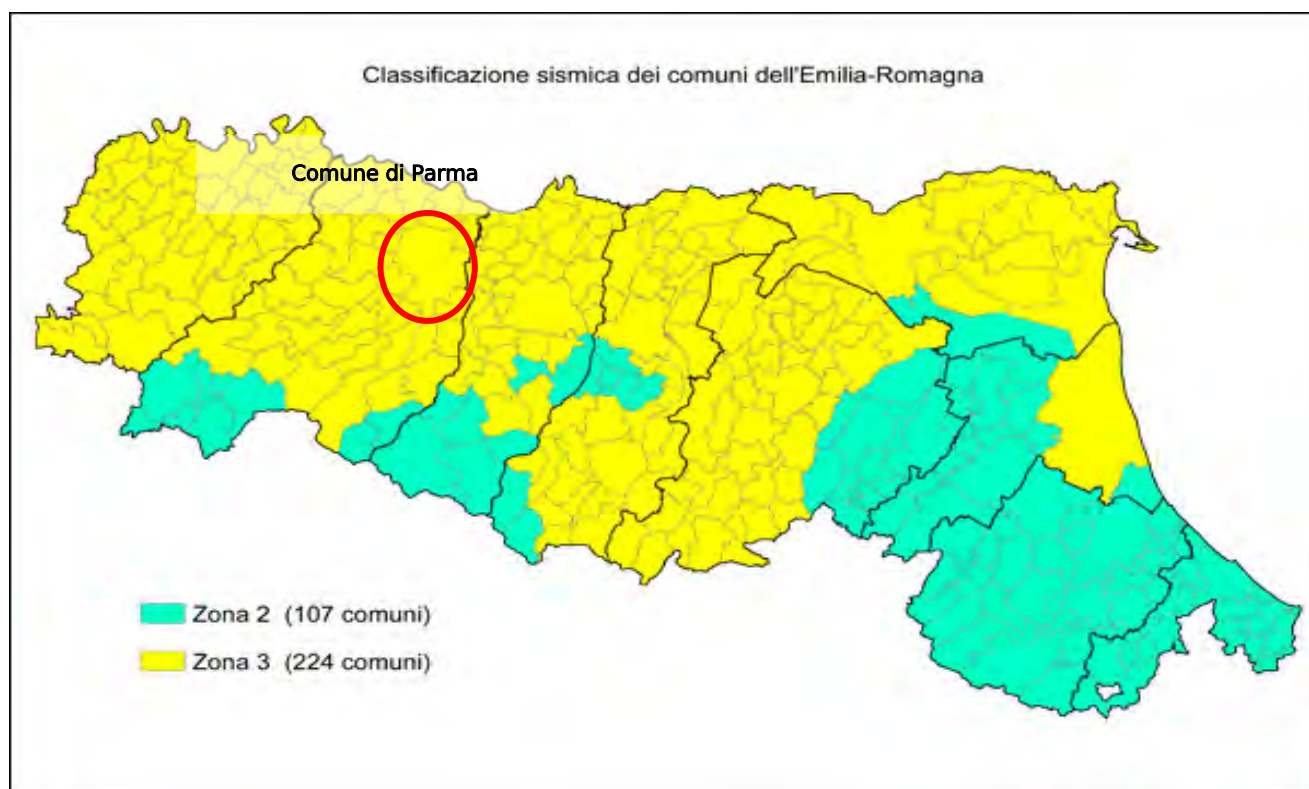


Fig. 21 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia-Romagna

 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	31 di 66

PROGETTO	LIVELLO
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 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.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Fig. 22), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno.

Per determinare il tempo di ritorno (T_R) si utilizza l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

dove V_R è il periodo di riferimento della costruzione, mentre P_{V_R} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Per determinare il tempo di ritorno sono stati utilizzati i parametri dell'opera in progetto già indicati nel paragrafo □:

- VITA NOMINALE: *"Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari"* la cui vita nominale è $V_n \geq 50$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- CLASSE D'USO: *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."* (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2018);

Da questi due parametri si ottiene il periodo di riferimento della costruzione che è dato da:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.5 = 75 \text{ anni}$$

Inoltre, sono stati definiti gli stati limite che forniscono le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (vedi Tab. 3.2.I del Paragrafo 3.2.1 delle NTC 01/2018), per lo stato

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	32 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV) con probabilità pari al 10% e per lo stato limite di esercizio di Danno (SLD) con probabilità pari al 63%.

Dato che il sito in esame (lon. 10.309, lat. 44.851) non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* possono essere ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione e i quattro vertici.

Alla luce di quanto sopradescritto i valori dei tre parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche sono riportati nella seguente Tab. 2.

Stato Limite	Tempo di ritorno T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)
SLO	45	0.050	2.509	0.250
SLD	75	0.062	2.517	0.267
SLV	712	0.147	2.494	0.291
SLC	1462	0.186	2.501	0.299

Tab. 2 – Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per i tempi di ritorno associati a ciascun stato limite

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	33 di 66

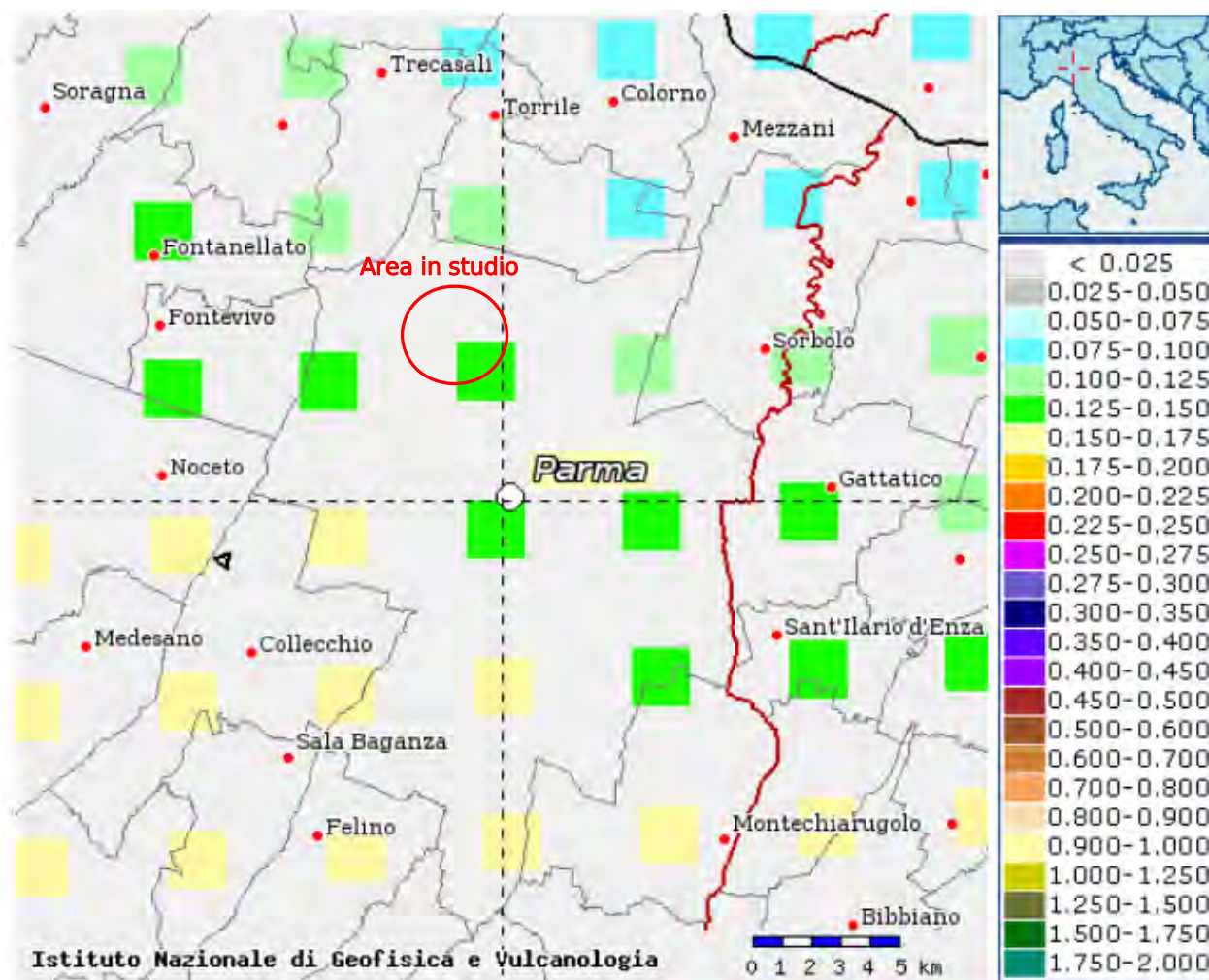


Fig. 22- Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 712 anni per lo stato limite SLV

5.4 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 17-01-2018 definisce 5 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità equivalente delle onde sismiche trasversali fino al substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio, sotto il piano di posa della fondazione e fino al substrato, ($V_{s\text{eq}}$), è definita come:

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	34 di 66

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

dove h_i e V_i sono lo spessore e la velocità delle onde dello strato i -esimo, N il numero degli strati e H la profondità del substrato.

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

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3 - Categorie sismiche dei terreni

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Sulla base della prova HVSR eseguita in sito, si è constatato che i terreni appartengono alla **categoria sismica C** (paragrafo 3.3).

5.5 Coefficienti sismici di progetto

Sulla base della categoria di appartenenza del terreno il D.M. 17-01-2018 introduce i coefficienti S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e C_c (coefficiente funzione della categoria di sottosuolo) per tener conto dell'amplificazione stratigrafica del valore dell'azione sismica di progetto. Per le categorie B, C, D e E, questi due parametri possono essere calcolati attraverso le espressioni riportate in Tab. 4, dove i valori di F_0 e T_c^* sono relativi al sottosuolo di categoria A, g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categori a	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Tab. 4 - Valori dei parametri S_s e C_c

Con i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* riportati in Tab. 2 e, per le diverse categorie di suolo, in riferimento ai diversi stati limite, si ottengono i parametri di amplificazione per il fabbricato oggetto di studio, riportati in Tab. 5.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	36 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

	Ss	Cc	St	Amax (m/s ²)	Beta	Kh	Kv
SLO	1.500	1.660	1.000	0.740	0.200	0.015	0.008
SLD	1.500	1.620	1.000	0.911	0.200	0.019	0.009
SLV	1.480	1.580	1.000	2.133	0.240	0.052	0.026
SLC	1.420	1.560	1.000	2.589	0.240	0.063	0.032

Tab. 5 – Coefficienti sismici di progetto

L'analisi della superficie topografica ha, invece, consentito di escludere la presenza di effetti locali legati a elementi morfologici. Il sito oggetto di indagine è ubicato in zona pianeggiante, dove il piano campagna ha un angolo di inclinazione $<15^\circ$ e di conseguenza non si ha amplificazione topografica.

5.6 Disaggregazione e magnitudo

Per poter definire la magnitudo di riferimento necessaria per individuare i sismi di riferimento mediante il programma Rexel (paragrafo 6.2), è necessario dapprima definire le caratteristiche sismogenetiche del sito, cioè definire la coppia di dati magnitudo-distanza che meglio caratterizzano il sito stesso. Tale operazione, nota come disaggregazione, consiste nell'individuazione, a partire da uno studio di pericolosità sismica con metodo probabilistico, delle coppie di dati (appunto magnitudo e distanza) che maggiormente concorrono alla sismicità di un sito.

A tale scopo, si sono utilizzati i dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che fornisce i valori disaggregati magnitudo-distanza, ovvero, il contributo percentuale delle diverse coppie di dati magnitudo-distanza alla pericolosità di base con riferimento ai nodi del reticolo di riferimento, individuato dall'Allegato A delle NTC 2008 (nel caso in esame, si è considerato il nodo 15162, in quanto è il più prossimo all'intervento in progetto).

La disaggregazione per lo SLV (Fig. 23) evidenzia che il massimo contributo percentuale alla pericolosità sismica di base è fornita per terremoti di magnitudo compresa tra 4.0 e 4.5 nel range di distanza tra 0 e 10 Km. Importanti contributi sono però forniti anche da sismi con magnitudo tra 4.0 e 6.0 sempre nel range 0-10 Km e nel range 10-20 Km. In misura leggermente minore da sismi con magnitudo 4.5 e 5.5 nel range tra 20 e 30 Km.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	37 di 66

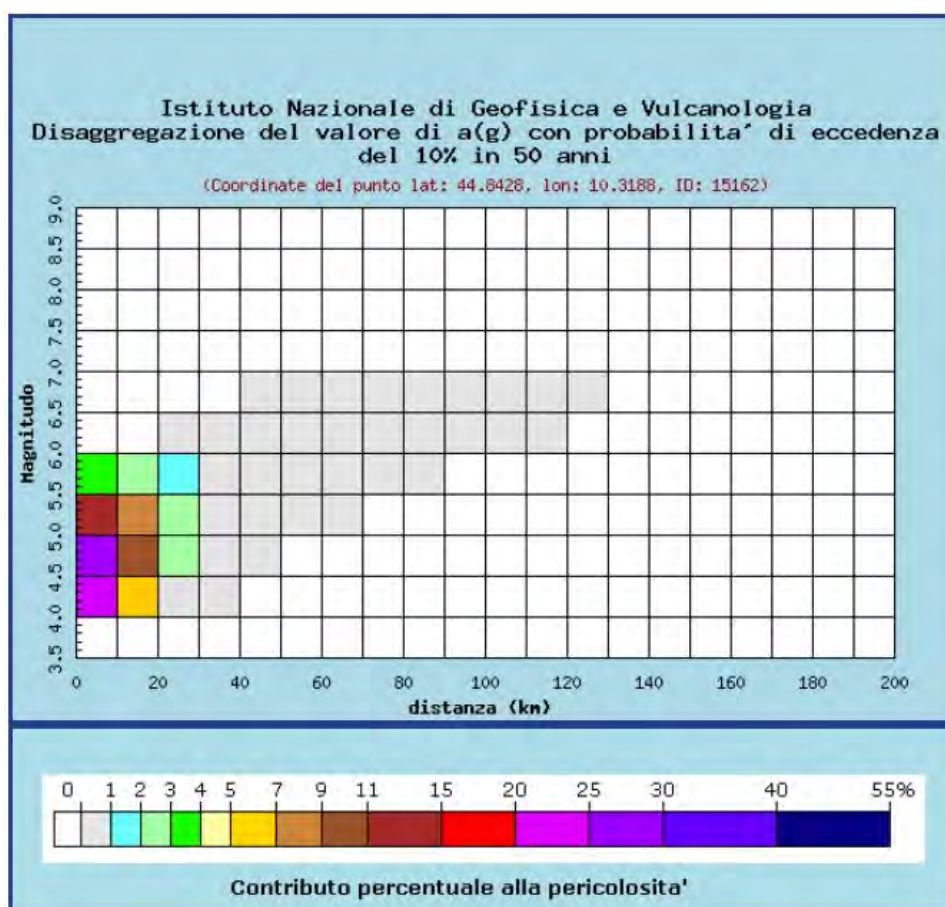


Fig. 23 – Disaggregazione magnitudo-distanza per il nodo 15162 da INGV per lo stato limite
SLV

Analoghe considerazioni sono state sviluppate per lo stato limite SLD (Fig. 24), dove però si evidenzia che il massimo contributo è fornito da sismi di magnitudo 4.5-5.0 a distanza comprese tra 10 e 30 Km

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	38 di 66

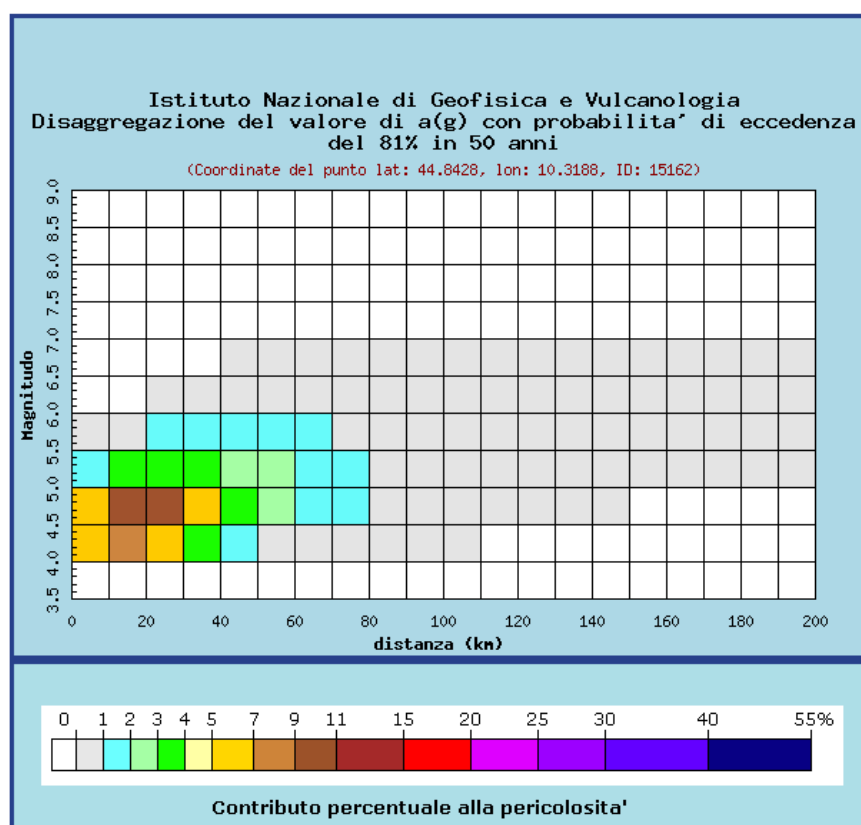


Fig. 24 – Disaggregazione magnitudo-distanza per il nodo 15162 da INGV per lo stato limite SLD

5.7 Vulnerabilit  sismica dell'opera

Per vulnerabilit  sismica s'intende la suscettibilit  di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma.

E' stato dimostrato che la vulnerabilit  agli eventi sismici di un edificio di costruzione relativamente recente   solo marginalmente collegabile alle modalit  costruttive dello stesso.

Molto pi  gravoso   l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende ad aumentare in maniera importante l'intensit  delle forze sismiche agenti sulla struttura.

In particolare, se la frequenza di risonanza del fabbricato   confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Al fine di valutare tale rischio  , pertanto, necessario considerare se la frequenza di risonanza delle opere in progetto corrisponde con uno dei picchi di risonanza del terreno di fondazione evidenziati con l'indagine mediante tromografo.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	39 di 66

Nell'indagine sismica effettuata si evidenzia un picco di amplificazione intorno ai 2.70 Hz; a cui corrisponde un periodo di rispettivamente 0.37 s.

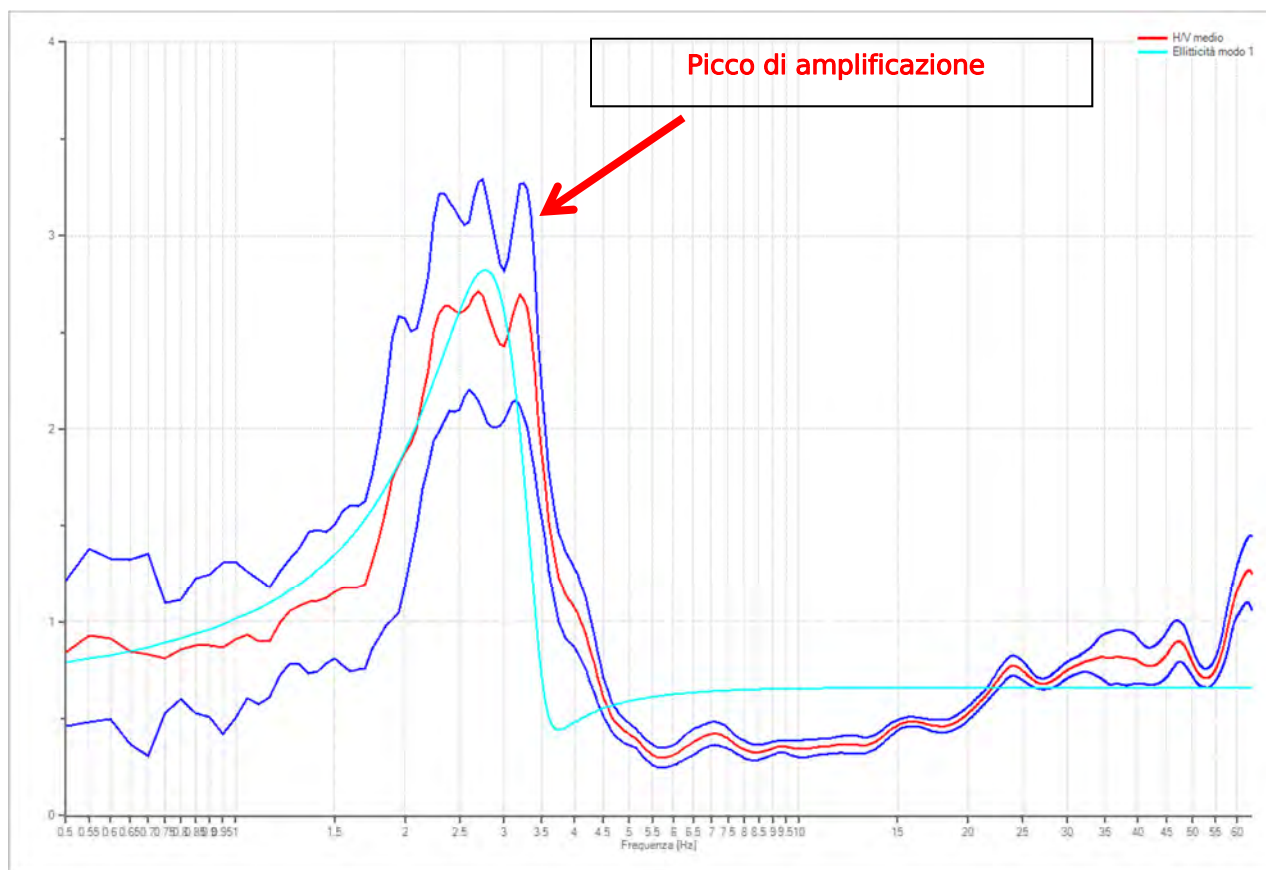


Fig. 25 – Curva H/V della prova tromografica

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

6 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

6.1 Modello geofisico del sottosuolo

La valutazione della risposta sismica locale richiede un'accurata modellazione delle caratteristiche geofisiche del sottosuolo, principalmente basata sui seguenti parametri:

- litologia;
- velocità delle onde sismiche di taglio (V_s);
- curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidità (G/G_0) in funzione della deformazione e densità in situ,

Tale modellazione va spinta in profondità fino a raggiungere il bedrock sismico, che teoricamente dovrebbe essere uno strato con velocità $V_s > 800$ m/s, oppure un passaggio tra due materiali caratterizzato da elevato contrasto di impedenza sismica.

6.1.1 Litologia

Per la determinazione delle caratteristiche litologiche sono stati utilizzati i dati delle prove penetrometriche a corredo di questo studio, integrate con la prova penetrometrica statica con punta elettrica, piezocono e cono sismico (SCPTU) dello studio di microzonazione sismica di terzo livello (cod. prova 034027P933). La prova è stata spinta fino a una profondità massima di 19.5m ed è consultabile in All.3.

Oltre tale profondità, sono stati utilizzati i dati della stratigrafia di un pozzo molto vicino all'area di indagine (181160P727) disponibile sul sito del servizio geologico, sismico e dei suoli, messo a disposizione dalla regione Emilia Romagna.

La semplificazione stratigrafica utilizzata nell'analisi per la definizione del modello geofisico del sottosuolo è la seguente:

- Da p.c. a -17.0 m da p.c.: Argilla;
- Da -17.0 m da p.c.: *Bedrock sismico*

6.1.2 Determinazione della V_s e bedrock sismico

Per quanto riguarda la velocità delle onde S fino alla massima profondità indagata si è fatto riferimento alle misure della prova SCPTU.

Per poter valutare la velocità V_s del bedrock sismico, è stata utilizzata la velocità di riferimento della prova MASW effettuata a corredo dello studio di modellazione sismica del plesso scolastico "Agazzi", posto poco più a Nord, sempre nell'abitato di Baganzola.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	41 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

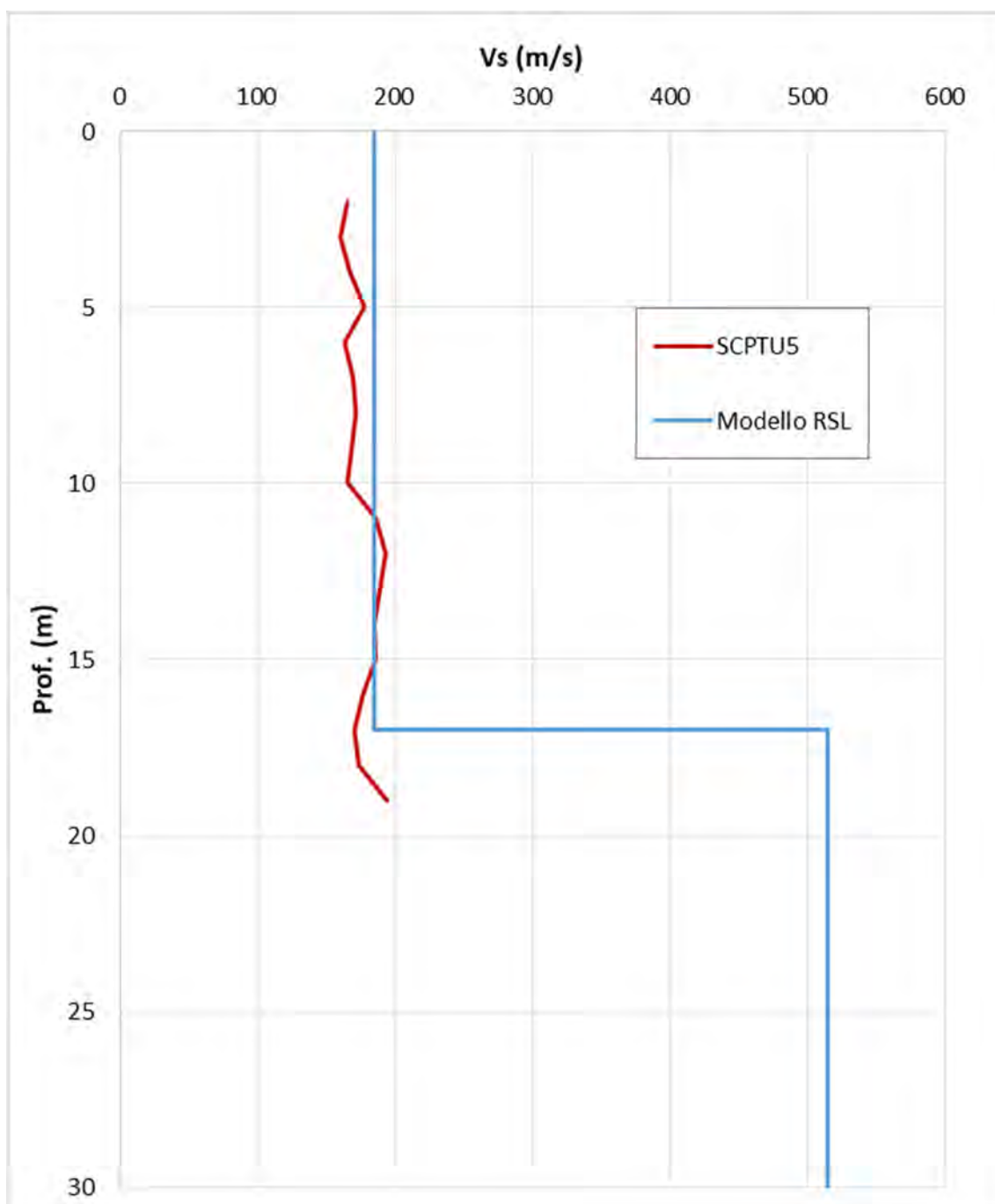
La definizione del bedrock sismico, cioè del sismostrato che presenta velocità delle onde di taglio $V_s \geq 800$ m/s, costituisce un elemento di notevole importanza nell'ambito delle valutazioni di risposta sismica locale.

In realtà oggi si tende ad individuare il bedrock sismico, soprattutto in pianura, in corrispondenza di un elevato contrasto di impedenza sismica, cioè laddove il rapporto tra le velocità dello strato superficiale e quello più profondo supera il valore di 2-2.5, anche se il valore di V_s non supera gli 800 m/s.

La presenza di un importante banco ghiaioso, come dimostrato dal pozzo 181160P727 tra le profondità di 20 e 50 m da p.c., con velocità V_s appena al di sopra dei 500 m/s, misurate tramite rilievo indiretto con tecnica MASW, ha indotto a valutare la possibilità che tale banco potesse rappresentare il bedrock.

Mediante il processo sopra descritto si giunge alla discretizzazione della V_s in funzione della profondità, sinteticamente illustrata in Fig. 26

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	42 di 66



	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	17.00	Argille superficiali	185.00
2	17.00	Half-Space	Bedrock	515.00

Fig. 26 - Discretizzazione della Vs per il sito in analisi

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

6.1.3 Curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidezza (G/G_0) in funzione della deformazione

Sulla base delle considerazioni espresse nei paragrafi, in seguito viene presentato il modello geofisico da utilizzare per le valutazioni di risposta sismica locale.

Per la valutazione delle curve di variazione del rapporto di smorzamento (D) e del decadimento del modulo di taglio normalizzato (rigidezza, G/G_0) in funzione della deformazione di taglio γ , i parametri caratteristici sono stati derivati da dati bibliografici.

Infatti, per lo strato individuato, la caratterizzazione è avvenuta utilizzando dati ottenuti bibliograficamente da terreni con caratteristiche simili a quelli presenti nell'area oggetto di studio. Tale ricerca ha reso possibile definire le leggi di variazione dei parametri D e G/G_0 mediante il modello iperbolico di Yokota (1981).

Le leggi di variazione proposte da Yokota sono le seguenti:

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \alpha \gamma^\beta}$$

$$D = \eta e^{\left[-\lambda \frac{G}{G_0}\right]}$$

Dove:

G/G_0 = modulo di taglio normalizzato

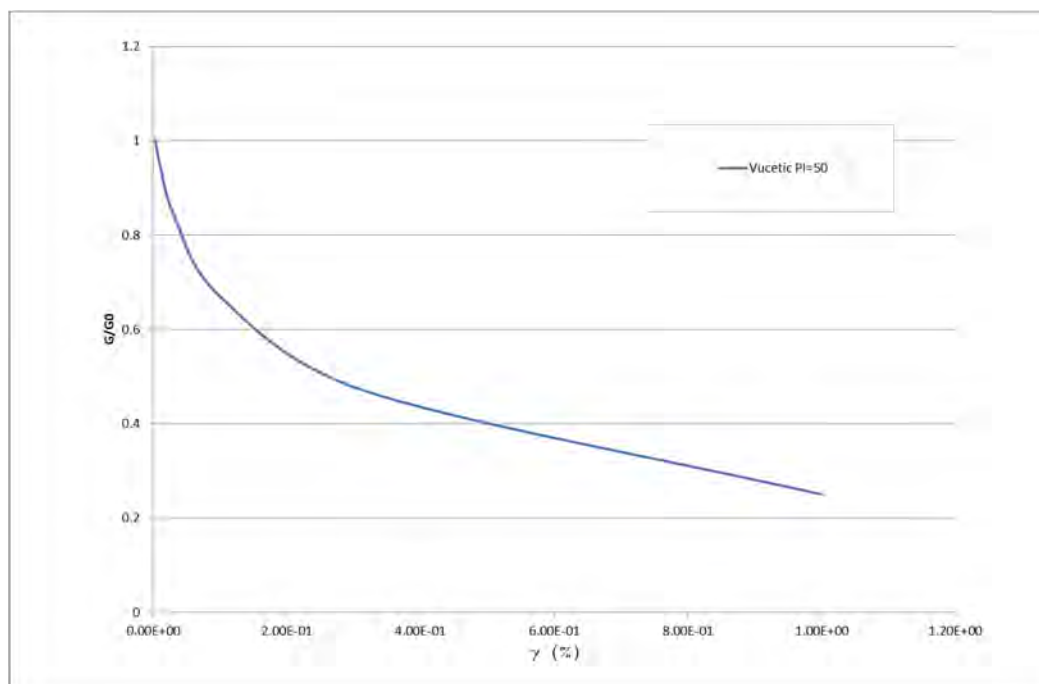
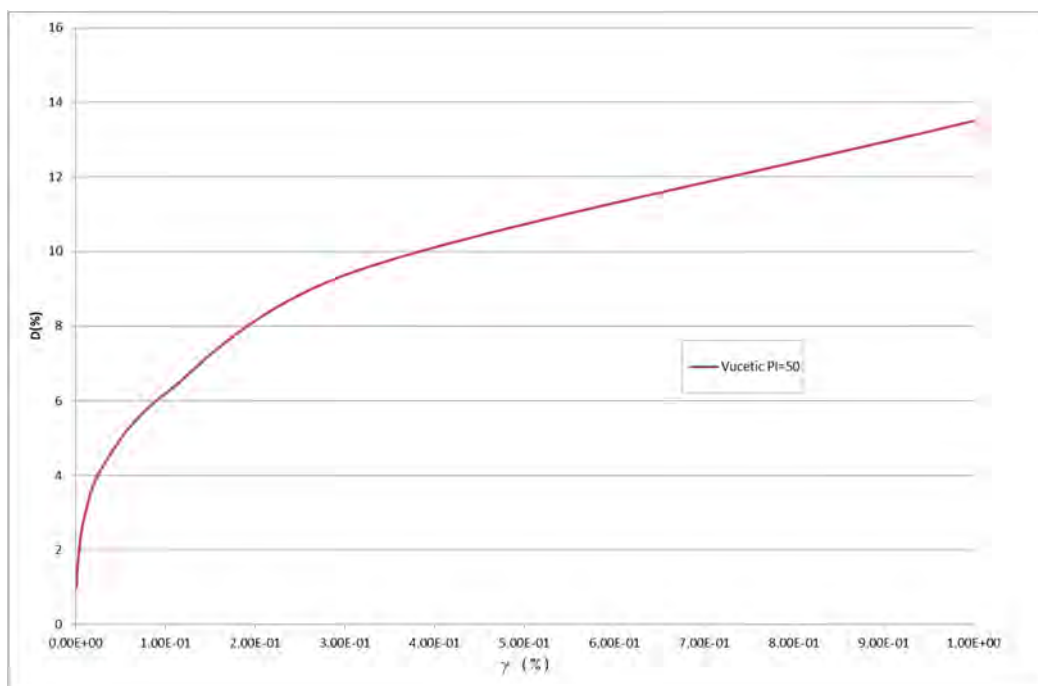
D = rapporto di smorzamento

γ = deformazione di taglio

$\alpha, \beta, \eta, \lambda$ = parametri sperimentali del modello

In Fig. 27 e Fig. 28 è riportata la curva sintetica ottenuta utilizzando i fattori caratteristici $\alpha, \beta, \eta, \lambda$ (riassunti sinteticamente in Tab. 6) utili all'applicazione delle formule espresse sopra.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	44 di 66

Fig. 27 – Grafico della curva di interpolazione G/G_0 per il terreno in esameFig. 28 - Grafico della curva di interpolazione D per il terreno in esame

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

In Tab. 7 sono riportati i valori delle proprietà indice del terreno analizzato nel presente studio.

Camp.	Litologia	α	β	η	λ
<i>Bibliografia</i>	Argilla superficiale	3.03	0.82	26.17	2.46

Tab. 7 - Riepilogo dei parametri caratteristici della curva utilizzata

6.1.4 Riassunto del modello geofisico

Va chiarito che, una volta definito il modello da inserire nel programma di valutazione della RSL, la profondità del *bedrock* e le caratteristiche del profilo possono essere fatte variare, rispetto a quelle ottenute con il metodo descritto in precedenza, in modo che la funzione di trasferimento del bedrock alla superficie sia compatibile, almeno nella frequenza fondamentale, con la curva H/V registrata nelle prove HVSR. In genere, tuttavia, si tratta di modifiche modeste, confermando la bontà del metodo adottato.

Per questa ragione, come si può notare dal modello geofisico di Strata riportato in Fig. 26, i due banchi argillosi individuati, sono stati accorpati in un unico spessore di 17 metri, a cui è stata attribuita la velocità di 185 m/s.

Sulla base delle considerazioni espresse nei paragrafi precedenti, il modello geofisico adottato per le valutazioni di risposta sismica locale risulta il seguente:

Orizzonte 1: da p.c. a -17.0 m da p.c.: Argilla;

- $V_s = 185$ m/s
- $\gamma = 18$ kN/m³
- Curva tipo G/G₀ e D = Argilla superficiale

Orizzonte 2: da -17.0 m da p.c: *Bedrock sismico*;

- $V_s = 515$ m/s
- $\gamma = 21$ kN/m³

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	46 di 66

6.2 Azioni sismiche in ingresso

Una volta definite le caratteristiche sismogenetiche del sito, per la scelta degli accelerogrammi naturali di riferimento si è utilizzato il programma REXEL³, che consente di individuare un numero a scelta di accelerogrammi spettro compatibili con il sito di riferimento.

Sebbene le NTC2018 non forniscano indicazioni per quanto riguarda il numero di accelerogrammi da utilizzare per la RSL, le indicazioni fornite per le analisi dinamiche con integrazione al passo (Cap. 7.3.5 delle NTC) indicano di utilizzare almeno 7 accelerogrammi; come effettuato nel presente studio.

La ricerca è stata fatta, mediante REXEL nel database European Strong-Motion Data⁴.

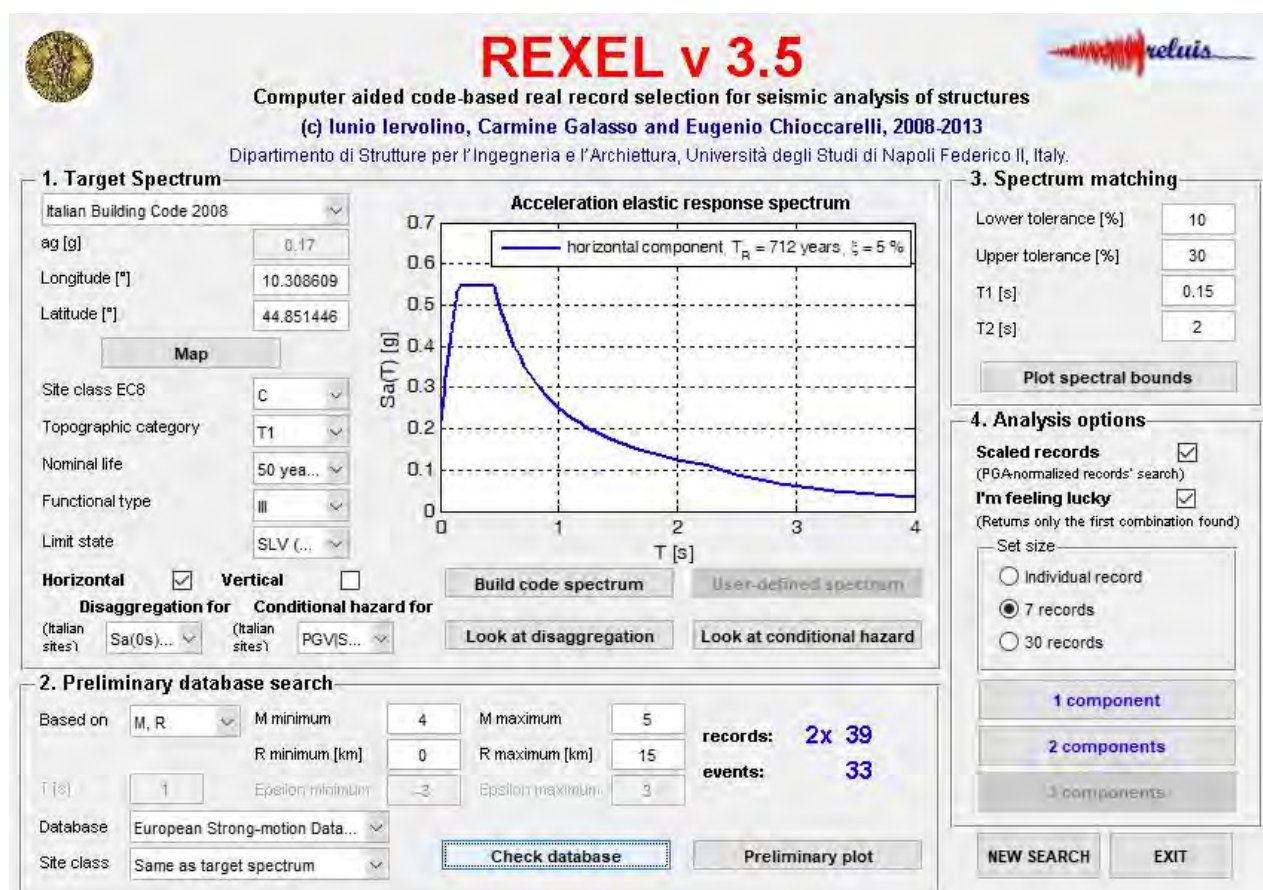


Fig. 29 – Schermata di impostazione della ricerca dei sismi con REXEL per lo stato limite SLV

³ Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. (2010) "REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis". Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362, 2010 DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

⁴ Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B. (2002) "Internet-Site for European Strong-Motion Data", European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Lo studio di risposta sismica locale è stato effettuato analizzando la risposta in due stati limite: lo Stato Limite di Danno (SLD) e lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV). Rexel, sulla base delle coordinate del sito, la classe d'uso e la vita nominale dell'opera (paragrafo []), nonché dei dati di magnitudo e distanza ottenuti dalla disaggregazione (paragrafo 5.6), ha fornito i sismi caratteristici per entrambi gli stati limite (Tab. 8 – SLV e Tab. 9 – SLD):

<i>Waveform ID</i>	<i>Earthquake ID</i>	<i>Station ID</i>	<i>Earthquake Name</i>	<i>Date</i>	<i>Mw</i>	<i>Fault Mechanism</i>	<i>Epicentral Distance [km]</i>	<i>PGA_X [m/s^2]</i>	<i>PGA_Y [m/s^2]</i>
772	350	ST223	Umbria Marche (aftershock)	03/10/1997	5.3	normal	20	0.5673	0.405
378	175	ST152	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	16	1.4437	1.1158
42	30	ST8	Ionian	04/11/1973	5.8	thrust	15	5.1459	2.4983
600	286	ST223	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	22	1.6852	1.0406
6960	473	ST3266	Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8	oblique	27	0.3029	0.4937
170	81	ST46	Basso Tirreno	15/04/1978	6	oblique	18	0.7188	1.5846
6975	473	ST3272	Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8	oblique	26	0.6464	0.512

Tab. 8 – Identificazione dei terremoti di riferimento estratti mediante Rexel – SLV

<i>Waveform ID</i>	<i>Earthquake ID</i>	<i>Station ID</i>	<i>Earthquake Name</i>	<i>Date</i>	<i>Mw</i>	<i>Fault Mechanism</i>	<i>Epicentral Distance [km]</i>	<i>PGA_X [m/s^2]</i>	<i>PGA_Y [m/s^2]</i>
772	350	ST223	Umbria Marche (aftershock)	03/10/1997	5.3	normal	20	0.5673	0.405
170	81	ST46	Basso Tirreno	15/04/1978	6	oblique	18	0.7188	1.5846
625	291	ST223	Umbria Marche (aftershock)	06/10/1997	5.5	normal	20	1.0729	0.779
1794	587	ST65	Cubuklu	20/04/1988	5.5	oblique	34	0.4095	0.4439
7010	2159	ST3275	Duzce 1 (afterchock)		5.6	strike slip	41	0.171	0.2393
377	175	ST152	Lazio Abruzzo		5.9	normal	49	0.7062	0.751

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	48 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X [m/s ²]	PGA_Y [m/s ²]
6962	473	ST3268	Izmit (aftershock)		5.8	oblique	50	0.1304	0.151

Tab. 9 - Identificazione dei terremoti di riferimento estratti mediante Rexel - SLD

Ovviamente tutti i sismi sono stati scalati in accelerazione, variabile in base allo stato limite analizzato, per ottenere un valore massimo di input compatibile con quello previsto dalle NTC.

La verifica della spettro compatibilità, riportata a titolo di esempio per lo stato limite SLV, dei 7 accelerogrammi utilizzati è visualizzabile in Fig. 30.

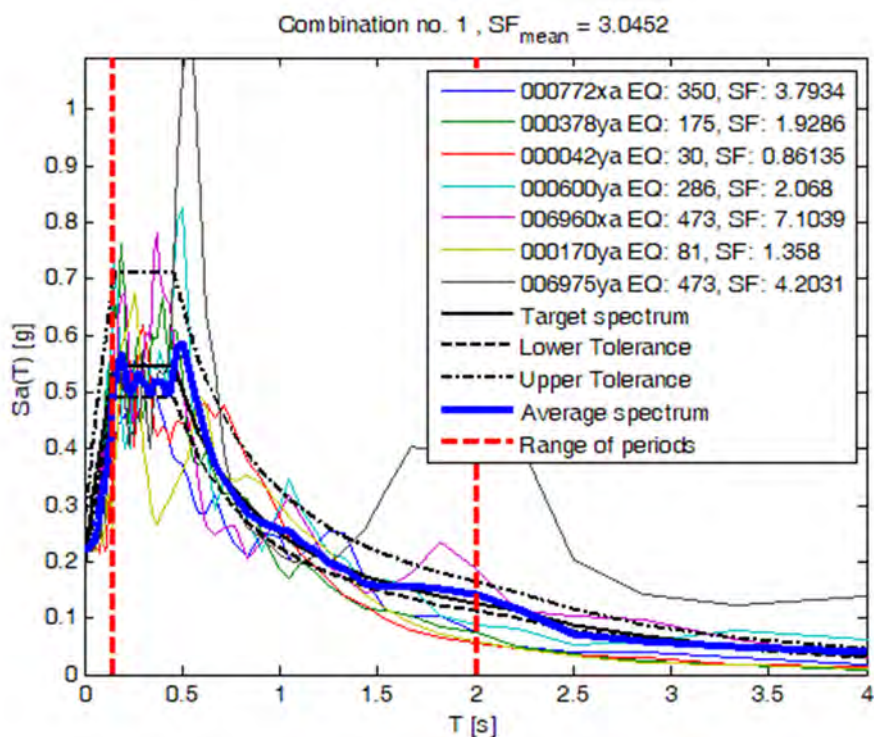


Fig. 30 – Dimostrazione della spettro-compatibilità degli accelerogrammi selezionati per lo stato limite SLV

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	49 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

6.3 Procedura di analisi RSL

Per la valutazione della risposta sismica locale è stato utilizzato il codice di calcolo Strata⁵ sviluppato da A. Kottke e E. Rathje⁶. Validazioni indipendenti di Strata sono riportate in letteratura (Graizer⁷, 2001), con esito soddisfacente.

Strata calcola la risposta dinamica monodimensionale (1D) di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà dinamiche del terreno (proprietà elastiche e smorzamento) variabili in funzione del livello deformativo.

Il programma adotta le seguenti convenzioni:

- ✓ La risposta del deposito è causata da onde di taglio polarizzate orizzontalmente che si propagano verticalmente nel bedrock verso la superficie lungo una colonna verticale monodimensionale di terreno;
- ✓ Le superfici di stratificazione sono orizzontali;
- ✓ Le superfici del bedrock e delle stratificazioni si estendono lateralmente all'infinito;
- ✓ La stratificazione è lateralmente omogenea;
- ✓ La superficie topografica è priva di irregolarità.

La valutazione della RSL è stata effettuata utilizzando il modello "lineare equivalente" (EQL), che considera la variazione dei parametri di rigidezza e smorzamento dei terreni in funzione della deformazione indotta dal sisma.

Le analisi della risposta sismica, come anticipato in precedenza, sono state effettuate secondo 2 stati limite, lo Stato Limite Ultimo per la salvaguardia della vita (SLV) e Stato Limite di Danno (SLD). Per ognuno di questi, nei paragrafi successivi, verranno riportati i risultati ottenuti.

6.4 Analisi dei risultati

I risultati delle modellazioni effettuate sono stati espressi in termini di:

- ✓ Serie temporali in accelerazione;
- ✓ Profilo della PGA in funzione della profondità;
- ✓ Spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione in superficie.

⁵ Ellen M. Rathje; Albert Kottke (2010), "Strata," <https://nees.org/resources/strata>.

⁶ Kottke, Albert R., and Rathje, Ellen M. (2008) Technical Manual for Strata. PEER Report 2008/10. University of California, Berkeley, California

⁷ Treasure island geotechnical array – case study for site response analysis. 4th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion August 23–26, 2011 · University of California Santa Barbara

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	50 di 66

6.4.1 Serie temporali

Le serie temporali in accelerazione (accelerogrammi) in output costituiscono la modifica dei segnali originali in input in funzione delle caratteristiche del terreno.

Le serie rappresentate in Fig. 31 sono relative alla quota -1 m da piano campagna.

Tali dati consentono di verificare la massima accelerazione (PGA), che, per gli accelerogrammi in SLV è risultata pari a 0.28 g per la serie 6975ya. Per quanto riguarda invece gli accelerogrammi SLD, la massima accelerazione (PGA) è pari a 0.13 g per la serie 170xa.

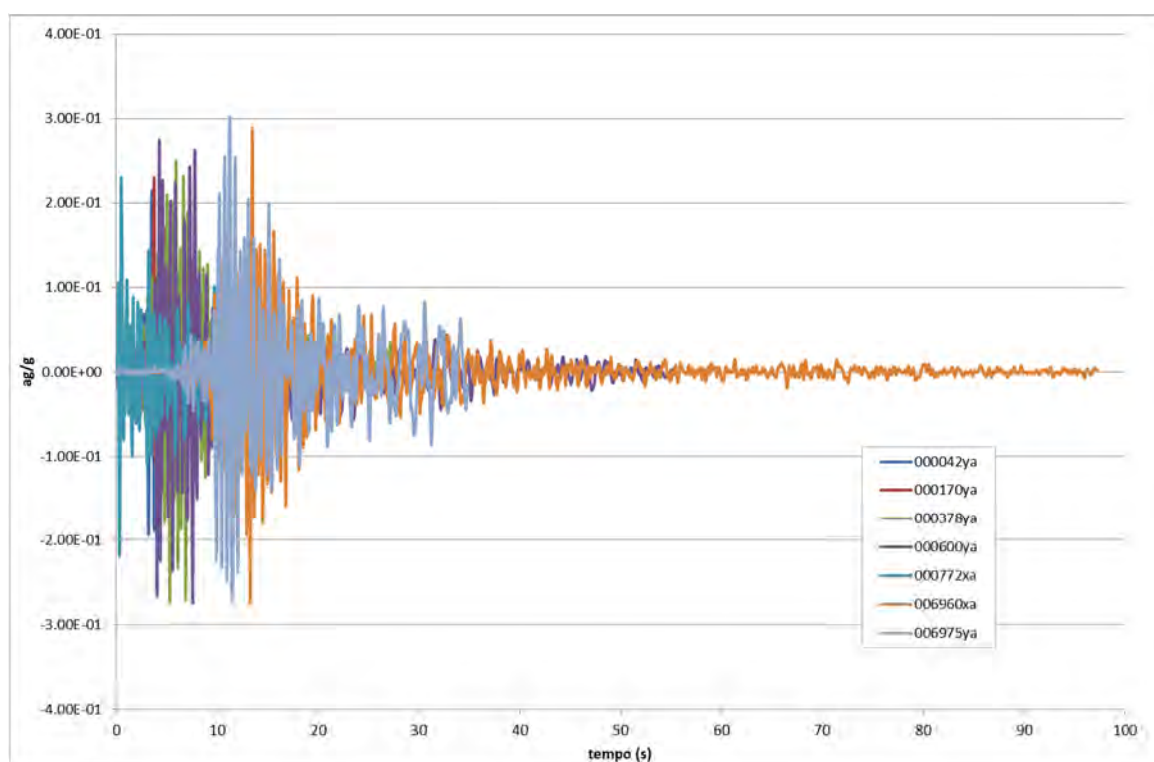


Fig. 31 - Serie temporali di output alla profondità di 1.00 m da p.c. - SLV

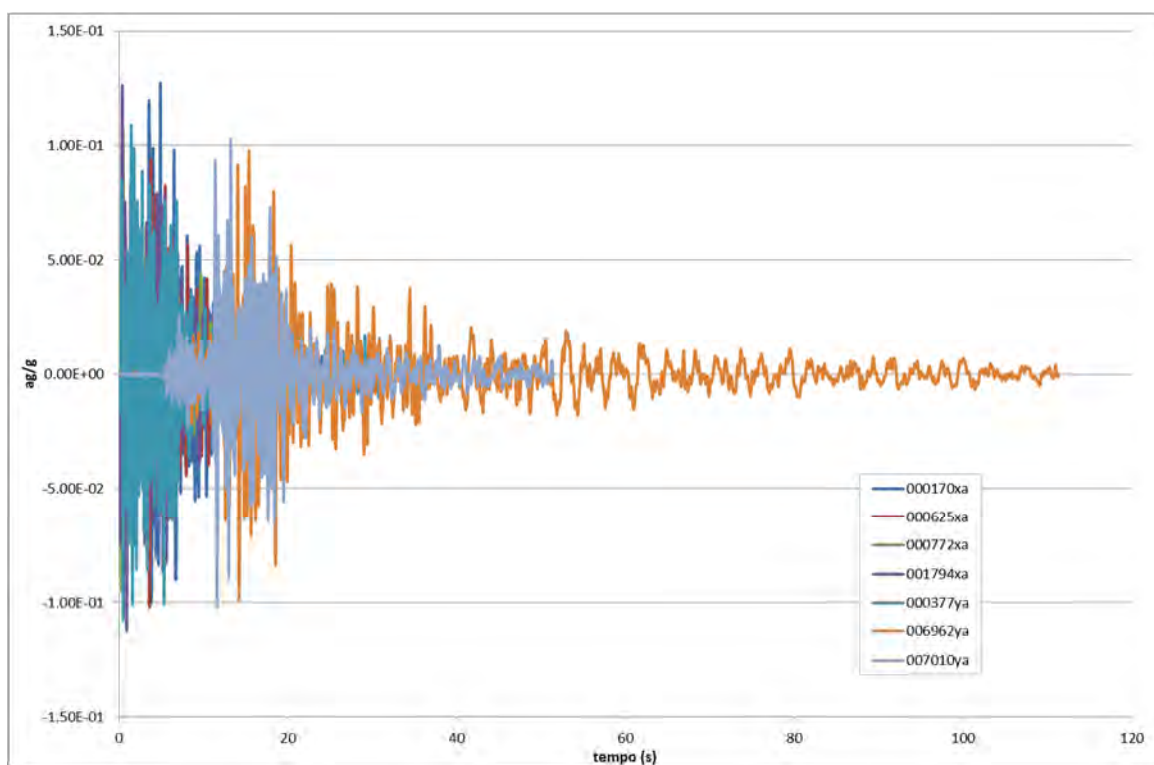


Fig. 32 - Serie temporali di output alla profondità di 1.00 m da p.c - SLD

Per verificare l'andamento della PGA con la profondità sono stati realizzati i grafici Fig. 33 e Fig. 34, rispettivamente per SLV e SLD, mediando i valori di PGA per ciascuna serie temporale in funzione della profondità. Come si può constatare in Fig. 33, il valore mediano della PGA in superficie è pari a circa 0.26 g, mentre per quanto riguarda lo Stato Limite di Danno, come mostrato in Fig. 34, il valore mediano della PGA in superficie è pari a circa 0.11 g.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	52 di 66

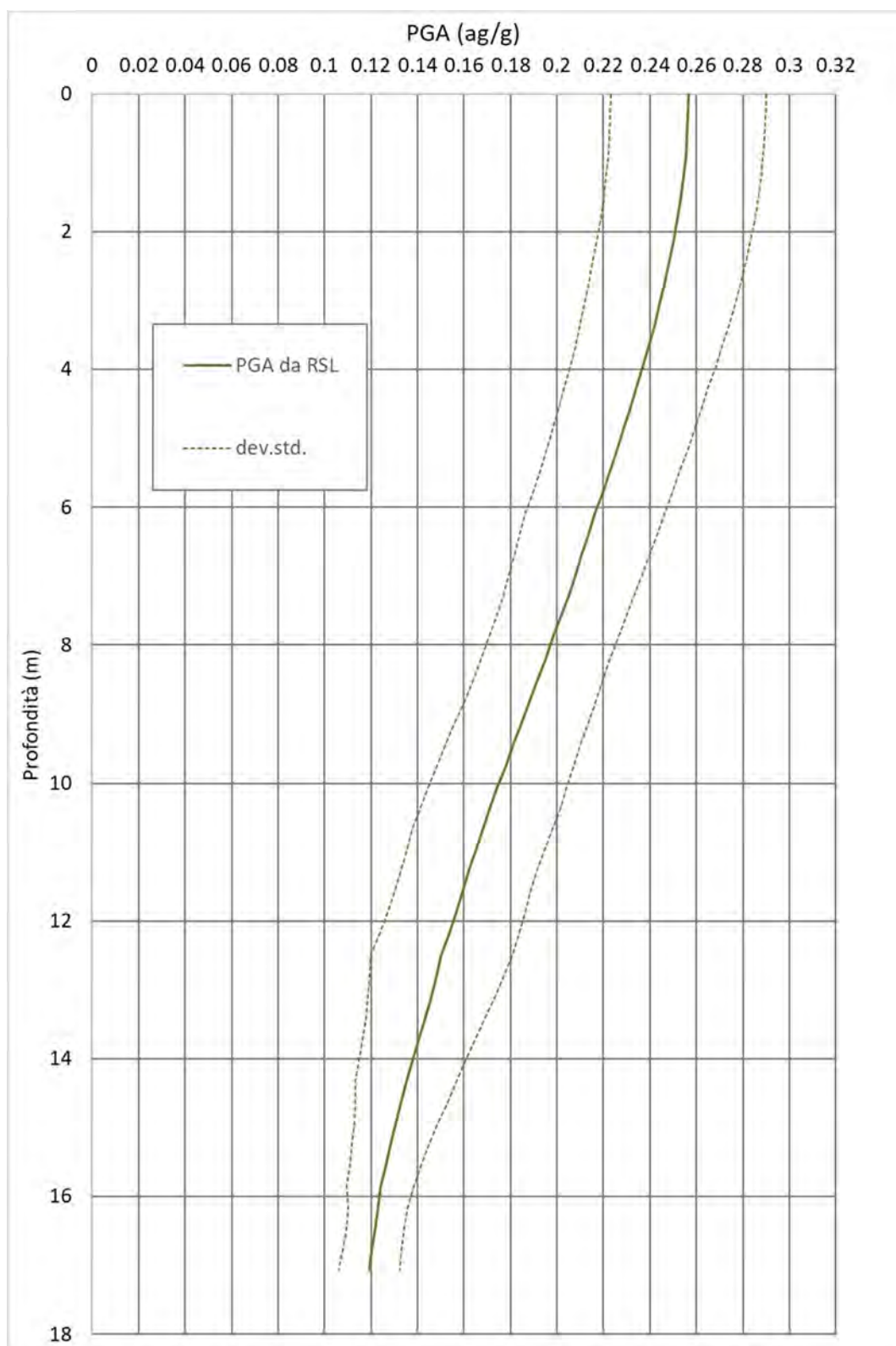


Fig. 33 – Profilo dell'accelerazione dal bedrock alla superficie - SLV

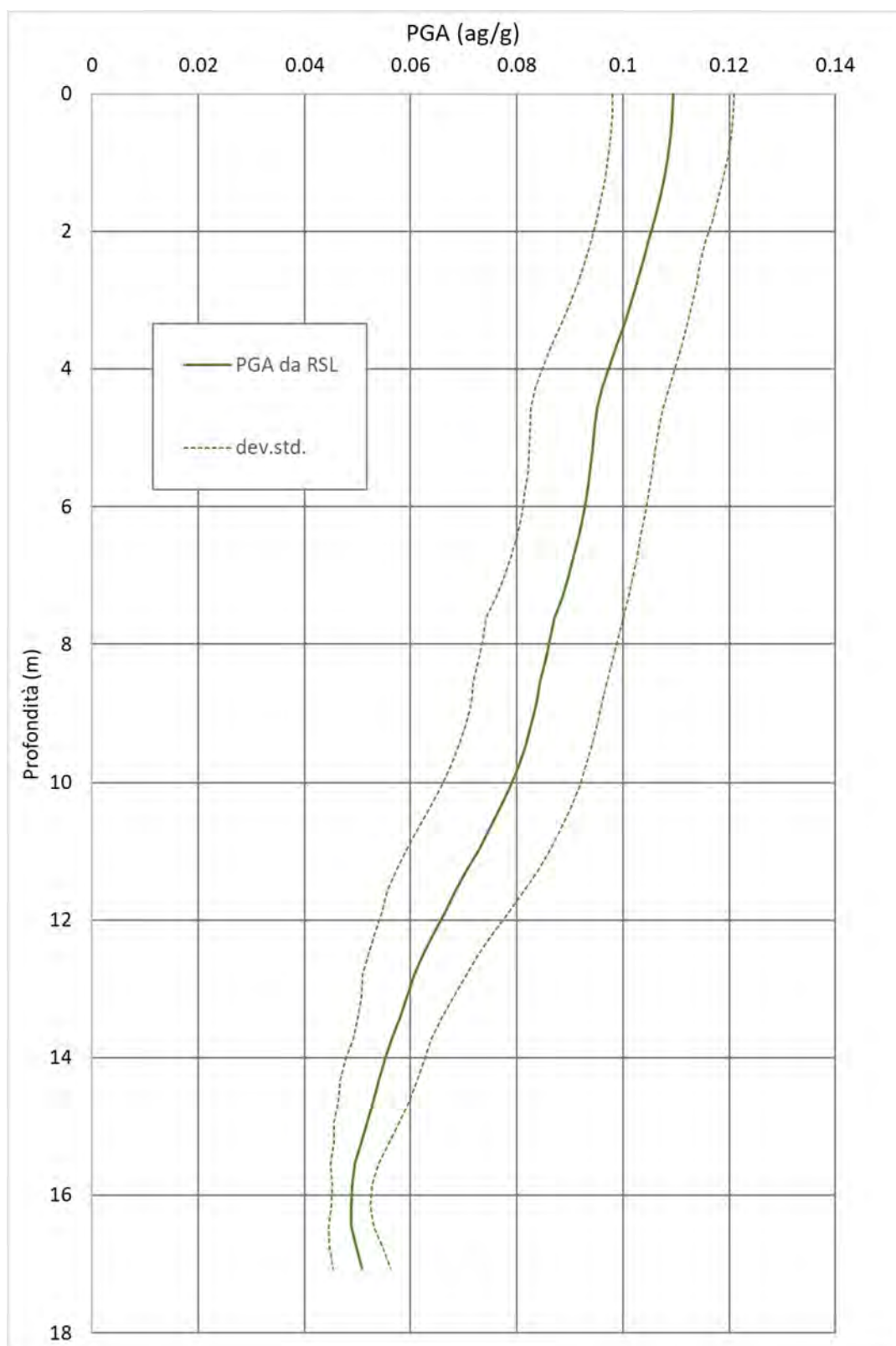


Fig. 34 – Profilo dell'accelerazione dal bedrock alla superficie - SLD

6.4.2 Spettri di risposta elastici in superficie

I dati di maggior interesse per la progettazione sono gli spettri di risposta elastici in pseudoaccelerazione, ricavati per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ del 5%.

Si precisa che gli spettri di risposta sono stati calcolati alla quota di -1 m da p.c.

In Fig. 35 sono riportati tutti gli spettri per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, di tutti i segnali utilizzati (in grigio), oltre alle curve rappresentanti i valori mediani (in blu continuo) e i valori mediani +/- la deviazione standard (blu tratteggiato).

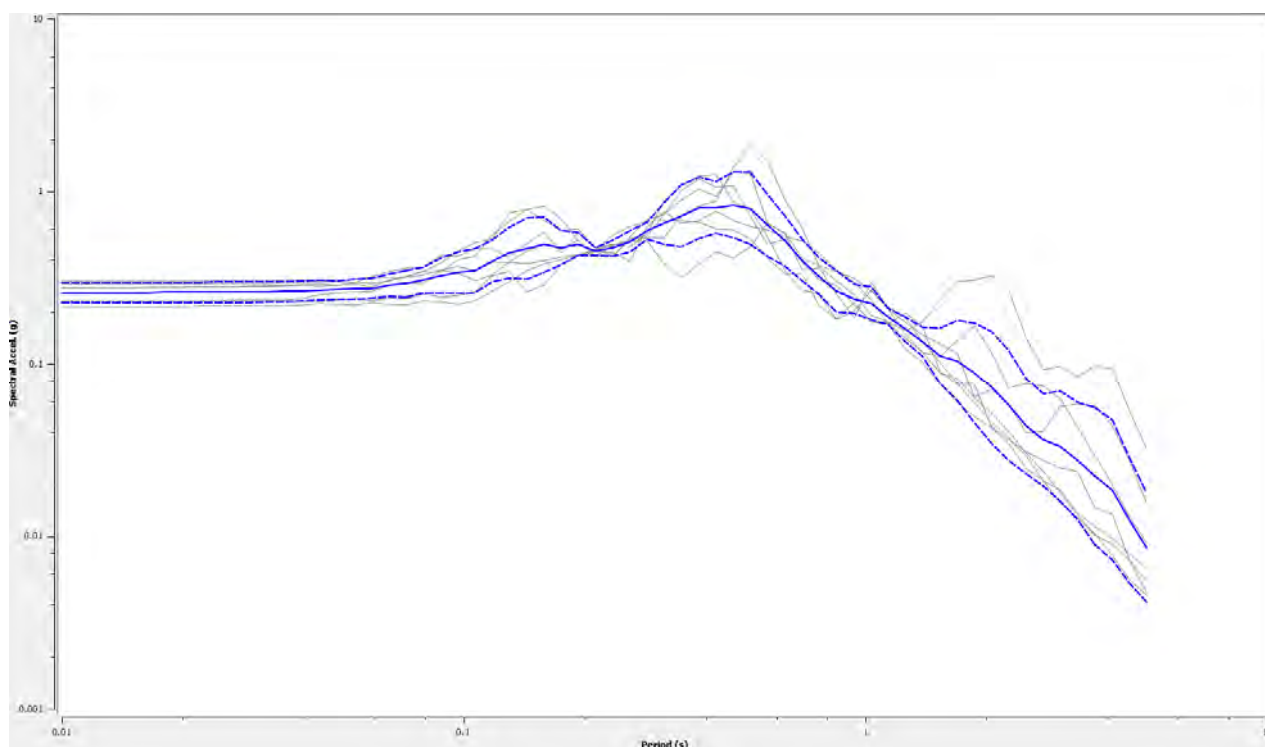


Fig. 35 – Spettri di risposta elastici in accelerazione - SLV

In Fig. 37 sono riportati invece tutti gli spettri calcolati per lo Stato Limite di Danno, di tutti i segnali utilizzati (in grigio), oltre alle curve rappresentanti i valori mediani (in blu continuo) e i valori mediani +/- la deviazione standard (blu tratteggiato).

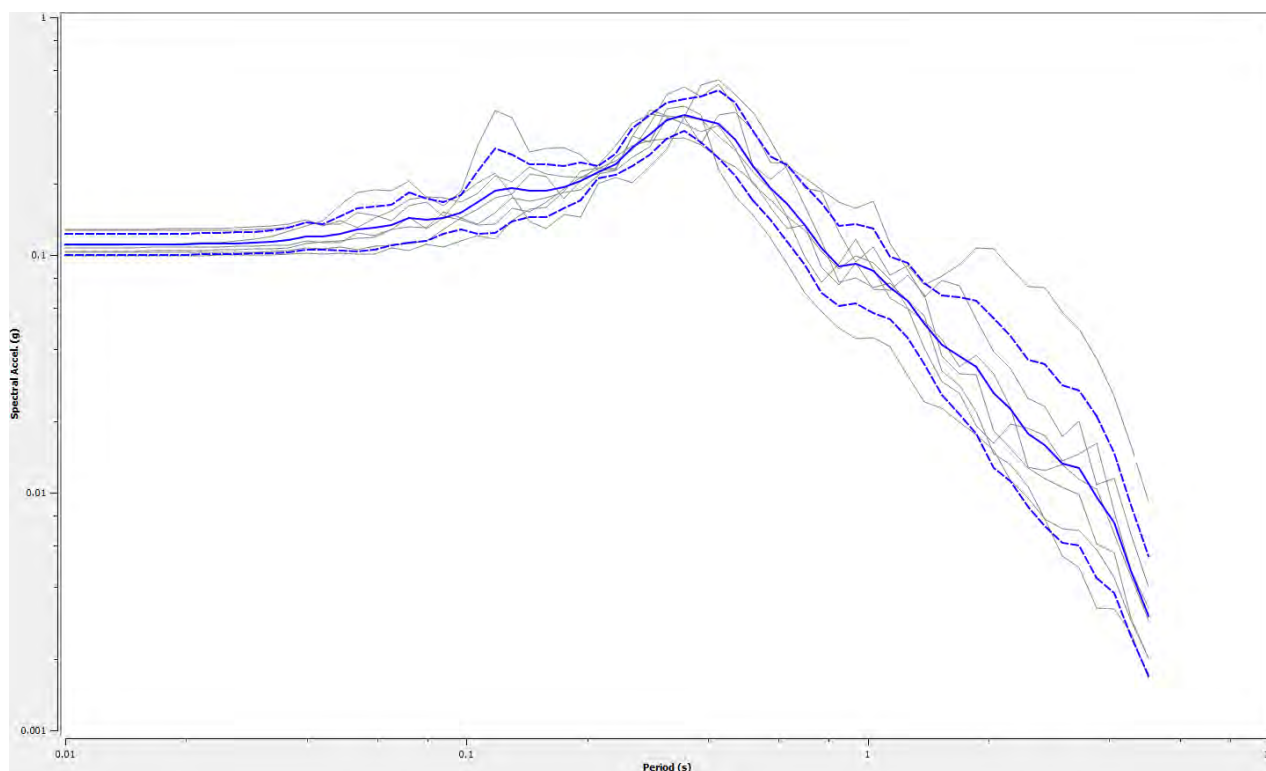


Fig. 36 - Spettri di risposta elastici in accelerazione - SLD

In Fig. 37 viene invece presentata la sovrapposizione dei valori mediani degli spettri derivanti dall'analisi di risposta sismica locale e lo spettro semplificato da normativa per lo Stato Limite di Salvaguardia della vita. Il confronto è effettuato con lo spettro calcolato per tempi di ritorno di 712 anni per la classe di sottosuolo C, che rappresenta lo spettro di riferimento del sito oggetto di studio in caso di analisi semplificata.

Come si può constatare lo spettro semplificato di classe C appare abbastanza cautelativo, escluso il tratto compreso tra 0.28 s e 0.76 s.

Va segnalata, tuttavia, la notevole ampiezza della fascia relativa alla deviazione standard rispetto allo spettro di RSL, che indica una considerevole varietà di risultati tra i diversi segnali sismici considerati.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	56 di 66

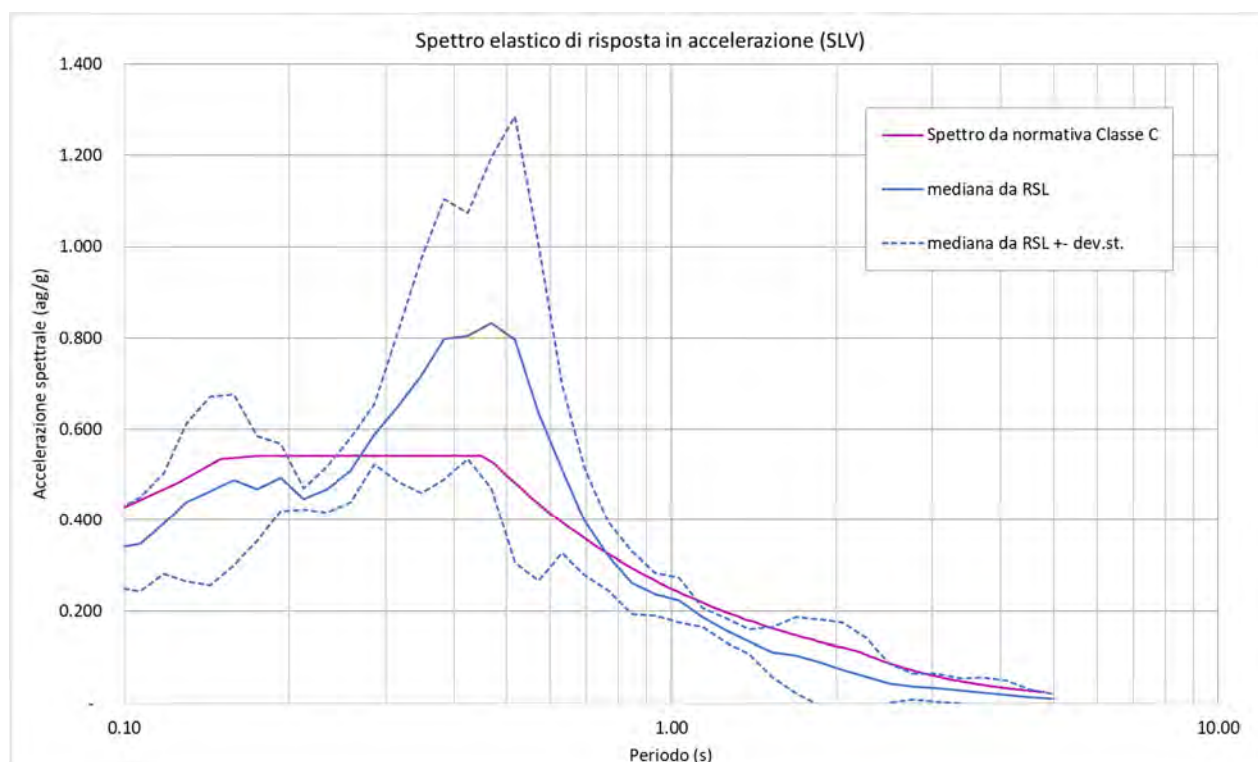


Fig. 37 – Valori medi dello spettro elastico di risposta in accelerazione confrontato con lo spettro semplificato di normativa C calcolato per $T_r=712$ anni - SLV

In Fig. 38 è invece rappresentata la sovrapposizione tra i valori medi degli spettri derivanti dall'analisi di risposta sismica locale e lo spettro semplificato da normativa per lo Stato Limite di Danno. In particolare, il confronto è effettuato con lo spettro calcolato per tempi di ritorno di 75 anni per la classe di sottosuolo C (che rappresenta lo spettro di riferimento del sito oggetto di studio) in caso di analisi semplificata.

Come si può notare, come per lo spettro SLV, lo spettro semplificato non appare cautelativo per periodi compresi tra 0.2 s e 0.6 s. Va segnalata, anche in questo caso, la notevole ampiezza della fascia relativa alla deviazione standard rispetto allo spettro RSL, che indica una considerevole varietà di risultati tra i diversi segnali sismici considerati.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	57 di 66

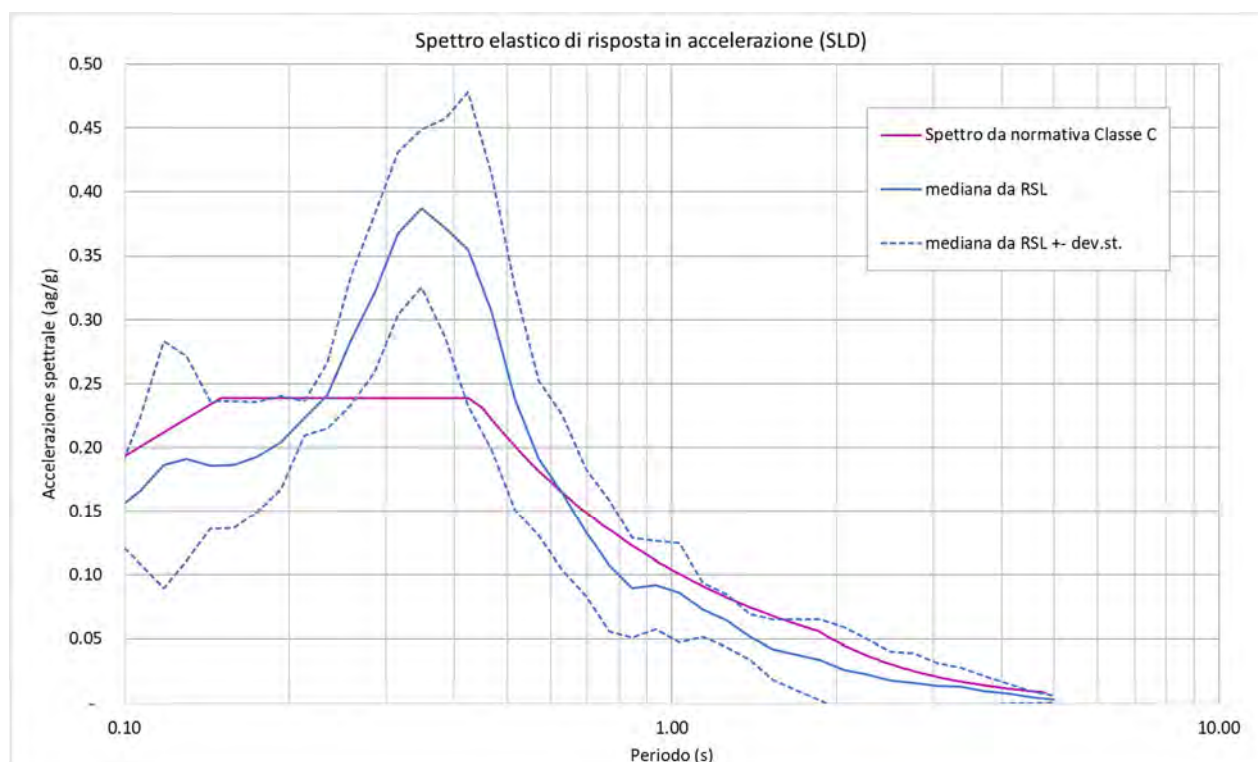


Fig. 38 – Valori mediاني dello spettro elastico di risposta in accelerazione confrontato con lo spettro semplificato di normativa C calcolato per $T_r=75$ anni - SLD

6.5 Spettri di risposta normalizzati

Le verifiche progettuali delle strutture richiedono anche i parametri espressi secondo i parametri di normativa (a_{max} , F_0 , T_B , T_C , T_D , F_0 , η) per questo motivo, è necessario dapprima normalizzare lo spettro elastico ricavato dalla risposta sismica locale.

A tale scopo è stato scelto di adottare il metodo espresso nell'OPCM n°55 del 24 Aprile 2018, "Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 Agosto 2016", integrato con il metodo implicito di Newmark per permettere di definire il parametro T_D . Tale approccio viene descritto in maniera dettagliata in seguito.

Dapprima si calcola lo spettro di pseudoaccelerazione (SA) e si determina il periodo proprio (TA) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudoaccelerazione; definito tale parametro, si calcola il valore medio dello spettro (SA_m) nell'intorno di TA tra 0.5TA e 1.5TA, che coincide con il valore costante nel tratto di accelerazione costante nello spettro standard.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	58 di 66

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5TA}^{1.5TA} SA(T) dT$$

Successivamente si passa alla definizione dello spettro di pseudovelocità (SV) a partire da quello di accelerazione, moltiplicando le ordinate spettrali di quest'ultimo per l'inverso della corrispondente frequenza circolare $\omega = \frac{2\pi}{T}$ e quindi si individua il periodo SV(T) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità.

$$SV(T) = SA * \frac{T}{2\pi}$$

Si calcola il valore medio dello spettro (SV_m) nell'intorno di TV compreso tra 0.8TV e 1.2TV:

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TV} \int_{0.8TV}^{1.2TV} SV(T) dT$$

Ottenuti SA_m e SV_m si determina:

- il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro di accelerazione costante e velocità costante $T_c = 2\pi \frac{SV_m}{SA_m}$
- $T_B = \frac{1}{3 * T_c}$

Inoltre, poiché si è deciso di normalizzare lo spettro tramite il metodo implicito di Newmark, è stato definito lo spettro di pseudospostamento (SD). A partire da quello di velocità, moltiplicando le ordinate spettrali di quest'ultimo per l'inverso della corrispondente frequenza circolare $\omega = \frac{2\pi}{T}$, si individua il periodo SD(T) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità.

$$SD(T) = SV * \frac{T}{2\pi}$$

Si calcola, quindi, il valore medio dello spettro (SD_m) nell'intorno di TD compreso tra 0.8TD e 1.2TD:

$$SD_m = \frac{1}{0.4 * TD} \int_{0.8TD}^{1.2TD} SD(T) dT$$

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	59 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Ottenuto il parametro SD_m è allora possibile definire T_D come segue:

$$T_D = 2\pi \frac{SD_m}{SV_m}$$

Infine, si applicano le equazioni riportate in NTC (2018) per la determinazione dei tratti dello spettro $T_A=0$, T_B , T_C , T_D , fino ad un T di interesse e si determina il parametro F_0 come rapporto tra $\frac{SA_m}{a_{max}}$.

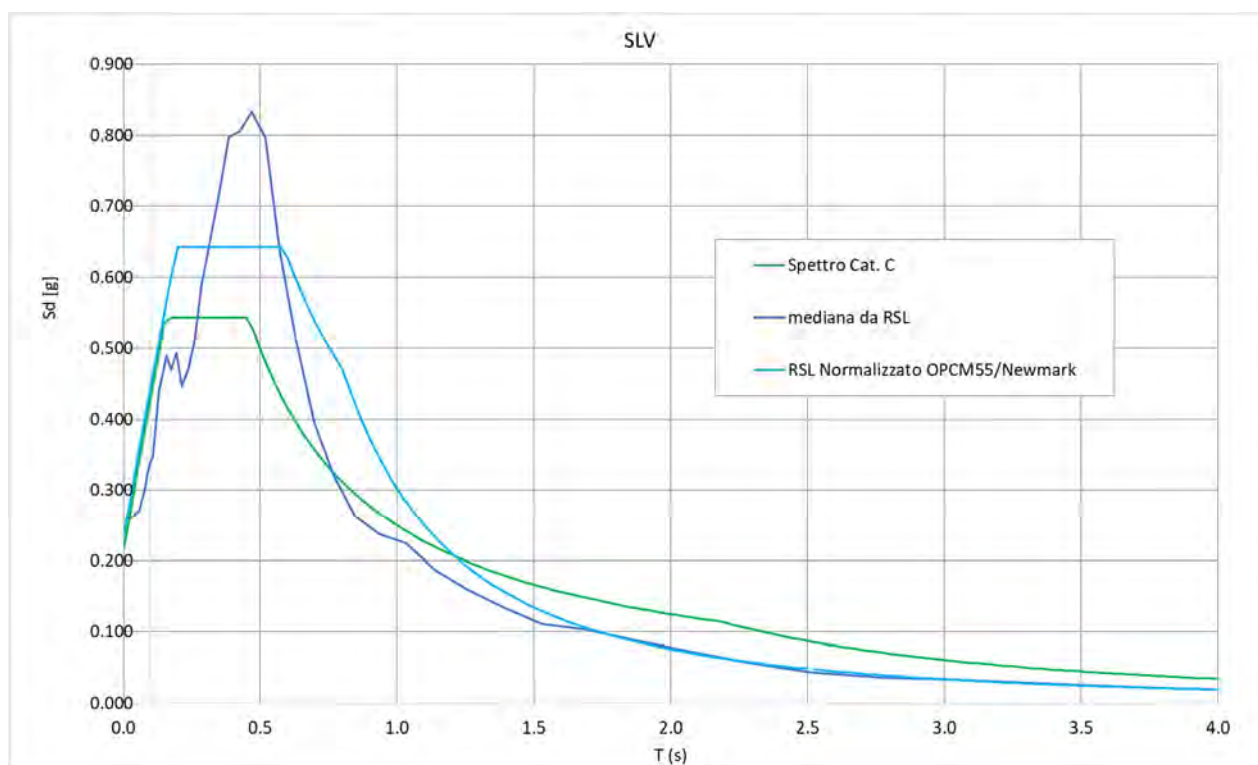
Poiché il valore di a_{max} non è generalmente fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare, secondo la seguente equazione:

$$a_{max} = \left(\frac{S_e(T = 0.01s)}{SA_m} - \frac{0.01}{T_B} \right) \left(\frac{SA_m}{1 - \frac{0.01}{T_B}} \right)$$

Nelle successive Fig. 39 e Fig. 40 viene presentato il risultato della normalizzazione descritta, con la sovrapposizione del grafico dello spettro di risposta elastico derivante dal RSL (valore mediano), e il rispettivo spettro normalizzato, entrambi confrontati con quello di normativa per categoria del sottosuolo C.

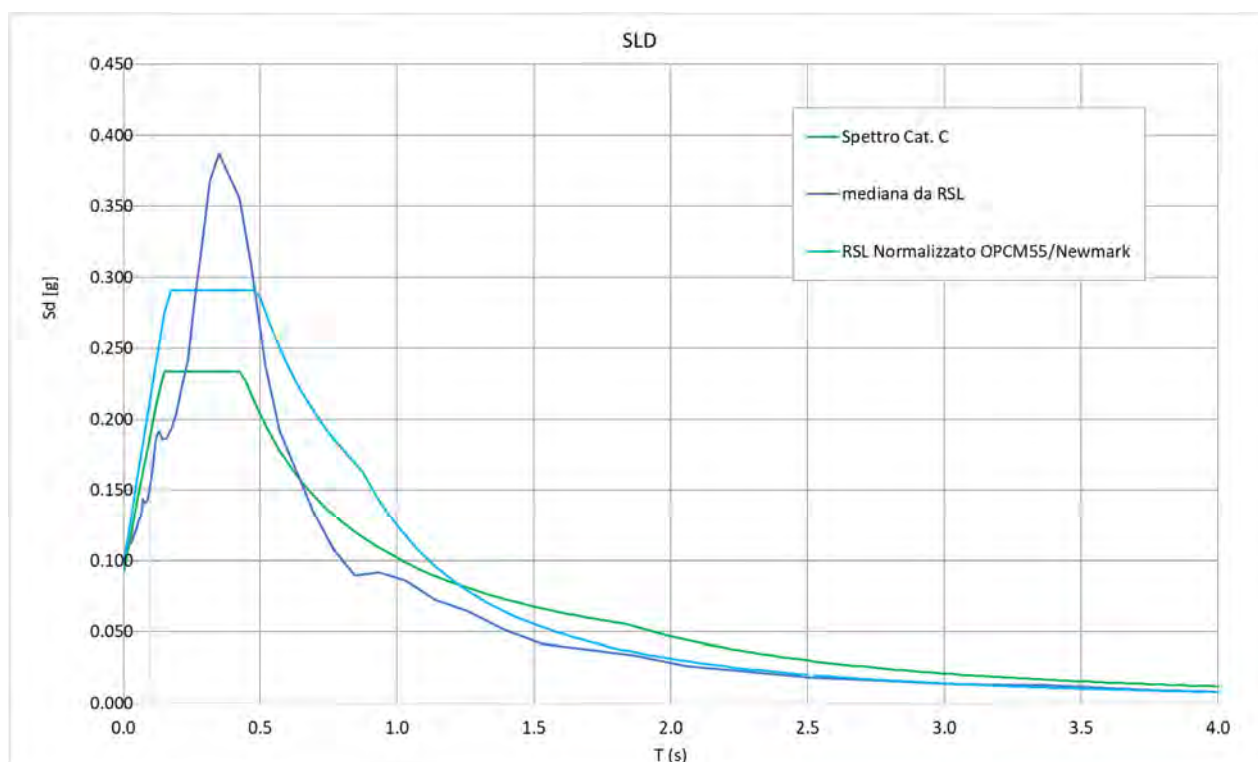
Nelle tabelle collegate ai grafici vengono rappresentati tutti i parametri fondamentali necessari per l'inserimento nei programmi di calcolo.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	60 di 66



Sa (Tb-Tc)	0.643	$a_{max}(T=0)$	F_o	η
Tb	0.195	0.237	2.71	1.00
Tc	0.586			
Td	0.803			

Fig. 39– Spettri di risposta elastico SLV da RSL e normalizzato



Sa (Tb-Tc)	0.291	$a_{max}(T=0)$	F_o	η
Tb	0.164	0.099	2.95	1.00
Tc	0.492			
Td	0.873			

Fig. 40 – Spettri di risposta elastico SLD da RSL e normalizzato

7 RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Le indagini geognostiche effettuate consentono di escludere la presenza di strati di terreno granulare a grana fine (sabbie), a bassa densità, sotto falda, con spessori pari o superiori al metro, entro i primi 15 m di profondità.

Conseguentemente, si può affermare che il rischio di liquefazione non sussiste.

8 GEOTECNICA

8.1 Elaborazione dei risultati delle indagini in situ

Nei successivi paragrafi viene indicato come sono stati ricavati, dai risultati della prova penetrometrica statica, i differenti parametri geotecnici dei terreni incontrati.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	62 di 66

PROGETTO	LIVELLO
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

8.1.1 Coesione in condizioni non drenate

La coesione non drenata (c_u) è stata determinata dall'interpretazione della prova penetrometrica statica CPTU, mediante la seguente equazione (*Baligh e Campanella, 1975*), in cui il valore della C_u è espresso nell'unità di misura della q_c .

$$c_u = \frac{q_c}{N_k}$$

assumendo $N_k=18$, valore comunemente accettato in bibliografia per terreni consimili della pianura parmense.

8.1.2 Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio (ϕ') è stato stimato in base alla correlazione di *De Mello* (1971) mediante la formul proposta da *Shioi e Fukuni* (1982):

$$\Phi' = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

dove il valore di N_{spt} viene ricavato utilizzando la correlazione di *Robertson* (1983) che lo mette in relazione alla resistenza alla punta (R_p) del penetrometro statico:

$$N_{SPT} = \frac{R_p}{4.5}$$

8.1.3 Coesione in condizioni drenate

La resistenza al taglio in condizioni drenate, o coesione efficace c' , è stata determinata facendo riferimento a quanto proposto da *Cherubini* (2000), (*Reliability evaluation of shallow foundation bearing capacity on c' , ϕ' soils, Canadian Geotechnical Journal, 37, 264-269*), applicando la correlazione più cautelativa:

$$c' = -0.1793 \cdot \phi' + 15.21$$

8.1.4 Modulo edometrico

Il modulo di deformazione confinato (E_{ed}) è stato ricavato dai valori di resistenza alla punta q_c ottenuti dalla prova penetrometrica statica, in accordo alla correlazione di *Mitchell e Gardner* (1975) che utilizza l'espressione:

$$E_{ed} = \alpha \cdot q_c$$

dove i valori di α sono riportati nella Tab. 10 (w_n = umidità naturale espressa in percentuale).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	63 di 66

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Argille di bassa plasticità (CL)	$q_c < 0.7$ (MPa) $0.7 < q_c < 2$ (MPa) $q_c > 2$ (MPa)	$3 < \alpha < 8$ $2 < \alpha < 5$ $1 < \alpha < 2.5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c < 2$ (MPa) $q_c > 2$ (MPa)	$1 < \alpha < 3$ $3 < \alpha < 6$
Limi e argille di alta plasticità (MH, CH)	$q_c < 2$ (MPa)	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$q_c < 1.2$ (MPa)	$2 < \alpha < 8$
Torba e argilla organica (Pt, OH)	$50 < w_n < 100$ $100 < w_n < 200$ $w_n > 200$	$1.5 < \alpha < 4$ $1 < \alpha < 1.5$ $0.4 < \alpha < 1$

Tab. 10 – Correlazione di Mitchell e Gardner (1975)

8.2 Modello Geotecnico

L'individuazione del modello geotecnico del terreno di fondazione, rappresentato graficamente in Tav. 6 e di cui si riporta uno stralcio (Fig. 41), è stato basato sull'interpretazione della stratigrafia dei terreni effettuata mediante la ricostruzione della sezione litostratimetrica di Tav. 5.

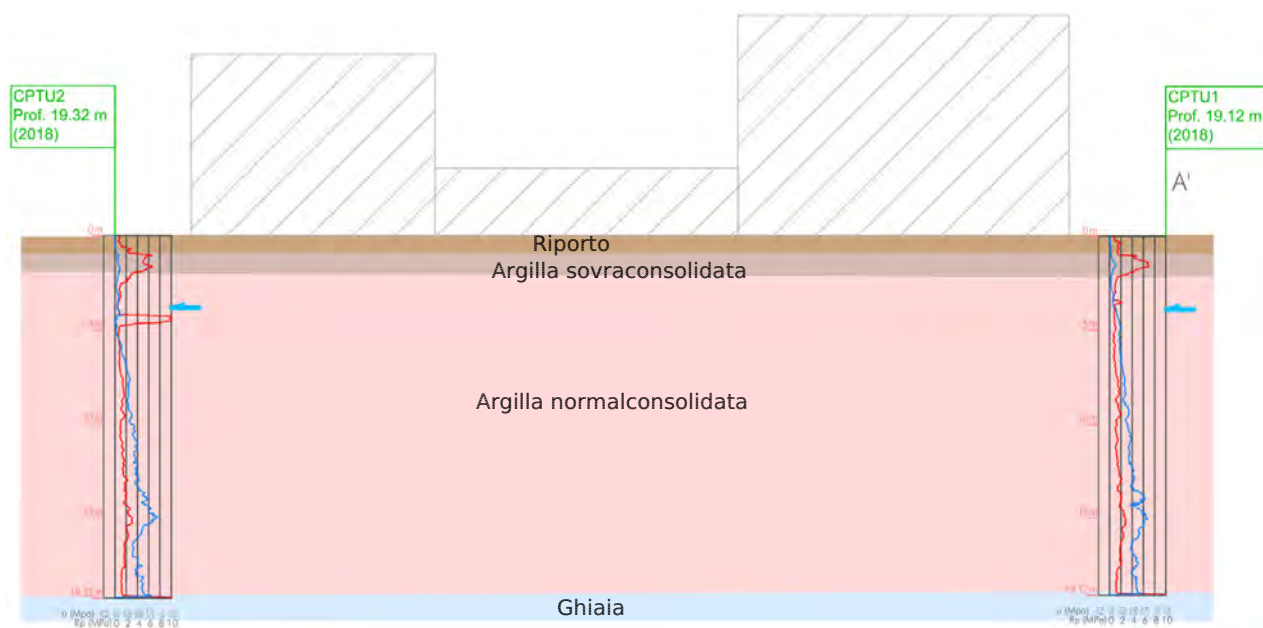


Fig. 41 - Stralcio del modello geotecnico

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	64 di 66

Le diverse unità litologiche sono state correlate alle caratteristiche geotecniche dei terreni, determinate con i metodi descritti nel capitolo 8.

In corrispondenza della prova CPTU2, a favore di sicurezza, la lente di depositi prevalentemente ghiaiosi, rilevata intorno ai 4.5 m di profondità, è stata trascurata considerando l'intero strato come coesivo.

Nel modello geotecnico i parametri, suddivisi nei vari orizzonti, sono stati espressi sia con il loro valore medio, sia in termini di valori caratteristici, ai sensi delle N.T.C. 01/2018, da utilizzare per valutazioni semiprobabilistiche (stati limite).

Per i diversi terreni, il valore caratteristico della coesione non drenata e dei parametri di deformabilità, è stato valutato come il valore corrispondente al 5° percentile della distribuzione della media, utilizzando una distribuzione lognormale.

Per l'angolo di attrito interno il valore caratteristico è sempre riferito al 5° percentile della distribuzione della media, utilizzando però una distribuzione gaussiana (normale).

In Fig. 42 viene riportato, a titolo esemplificativo, il grafico della distribuzione lognormale dei valori della coesione non drenata dell'orizzonte 2.

In tale esempio a fronte di un parametro caratteristico calcolato di $c_u = 78.42$ KPa, il margine di errore, considerato l'insieme dei dati disponibili, risulta pari a circa 1.47 KPa, con un intervallo di confidenza del 95%. Suddetto errore è comunque da ritenersi trascurabile e il risultato finale accurato per la mole di dati disponibili.

Tali elaborazioni sono state effettuate per tutti i parametri geotecnici per ciascun orizzonte individuato.

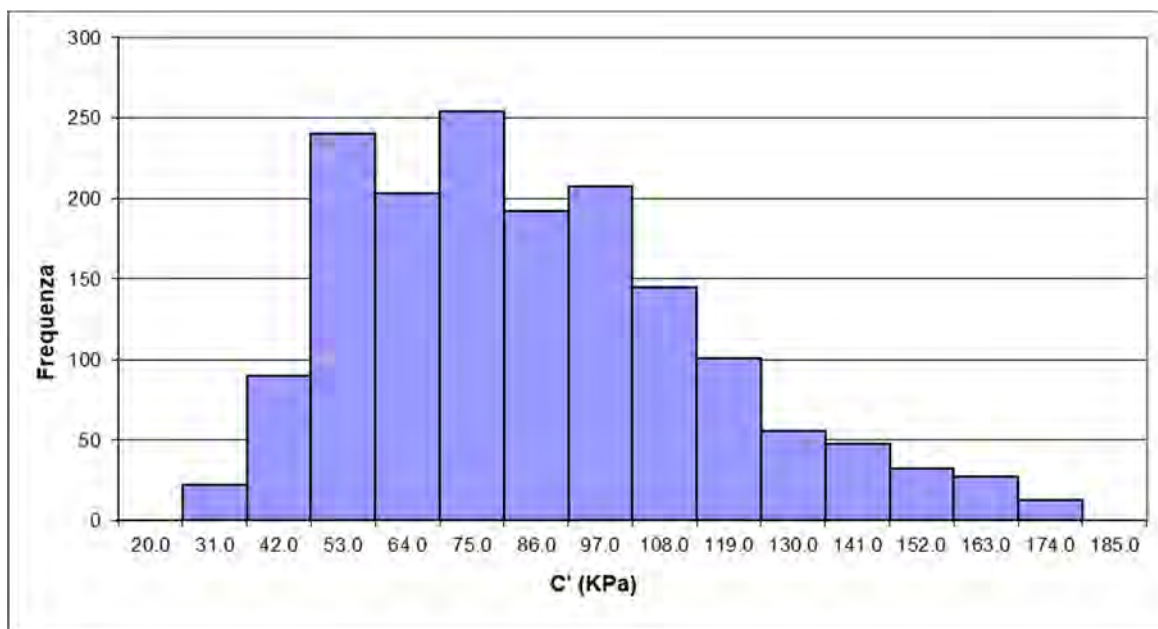


Fig. 42 – Distribuzione log normale della coesione non drenata per l'orizzonte 2

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
Interventi di adeguamento normativo sismico, impiantistico ed efficientamento energetico del complesso scolastico "Malpeli" di Baganzola (PR)	Progettazione definitiva ed esecutiva

Di seguito viene proposta la caratterizzazione di dettaglio dei singoli orizzonti considerando la suddivisione stratigrafica rappresentata in Fig. 41.

TERRENO DI RIPORTO

Parametri geotecnici non significativi per lo studio del complesso manufatto-terreno.

ORIZZONTE 1 - TERRENI A COMPORTAMENTO COESIVO

- Parametri geotecnici:

	$\phi' (^{\circ})$	$C' (kPa)$	$C_u (kPa)$	$E_{ed} (MPa)$
Valore caratteristico	27.5	10.52	159.32	7.73
Valore Medio	27.81	10.65	185.73	8.70

- peso specifico $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$

ORIZZONTE 2 - TERRENI A COMPORTAMENTO COESIVO

- Parametri geotecnici:

	$\phi' (^{\circ})$	$C' (kPa)$	$C_u (kPa)$	$E_{ed} (MPa)$
Valore caratteristico	21.80	11.28	78.42	4.67
Valore Medio	21.89	11.30	79.78	4.73

- peso specifico $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$

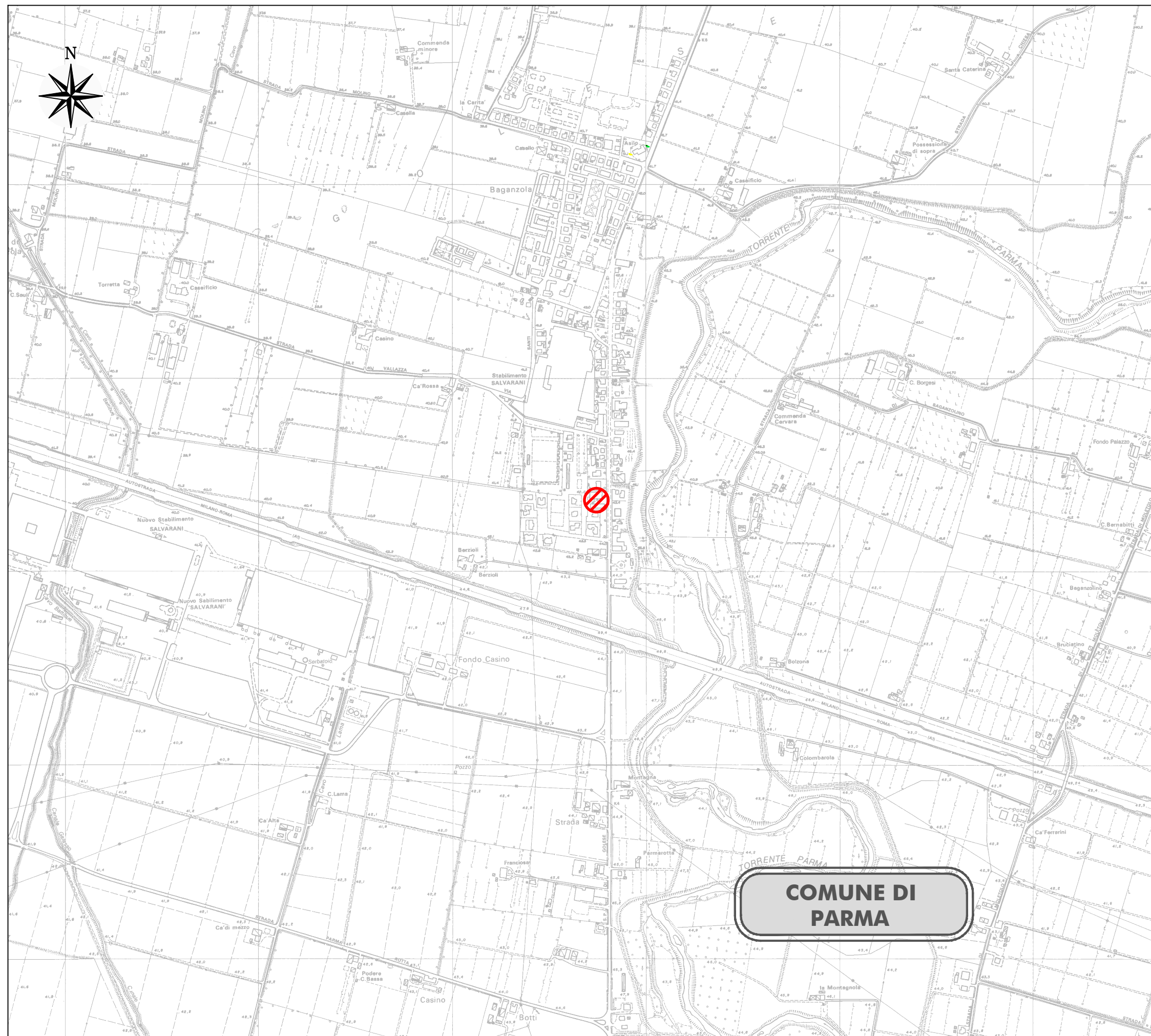
ORIZZONTE 3 - TERRENI A COMPORTAMENTO GRANULARE

- Parametri geotecnici (desunti da dati bibliografici per depositi granulari nell'intorno dell'area oggetto di studio):

	$\phi' (^{\circ})$	$E_y (MPa)$
Valore	36	40

- peso specifico $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica, geotecnica e sismica	Febbraio 2019	0	66 di 66



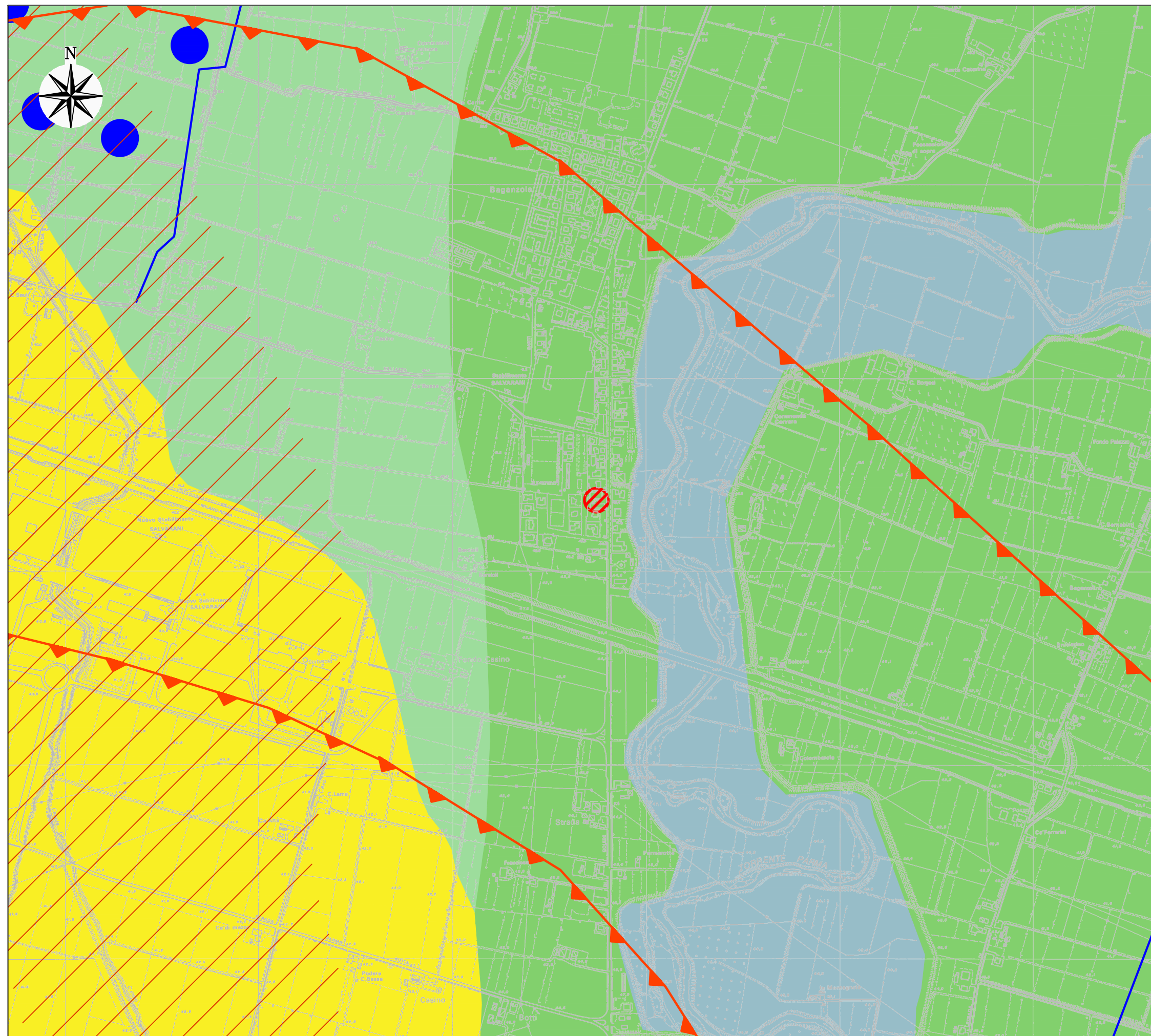
LEGENDA

Territorio



Area di studio

**COMUNE DI
PARMA**



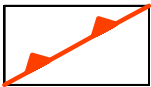
LEGENDA

Territorio



Area di studio

Geologia



Sovrascorrimento sepolto



Depositi attuali in evoluzione

ALLOMEMBRO DI RAVENNA AES8

Unità di Modena



Depositi di piana inondabili costituiti da argille e limi con rare intercalazioni sabbiose



Depositi di argine naturale in prevalenza da limi argillosi e limi sabbiosi, in subordine sabbie fini, ai quali si intercalano livelli generalmente decimetrici di sabbie medio e/o grossolane

Unità Idice

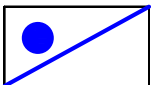


Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e depositi di interconoide costituiti da argille limose e limi argillosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie

Elementi geomorfologici

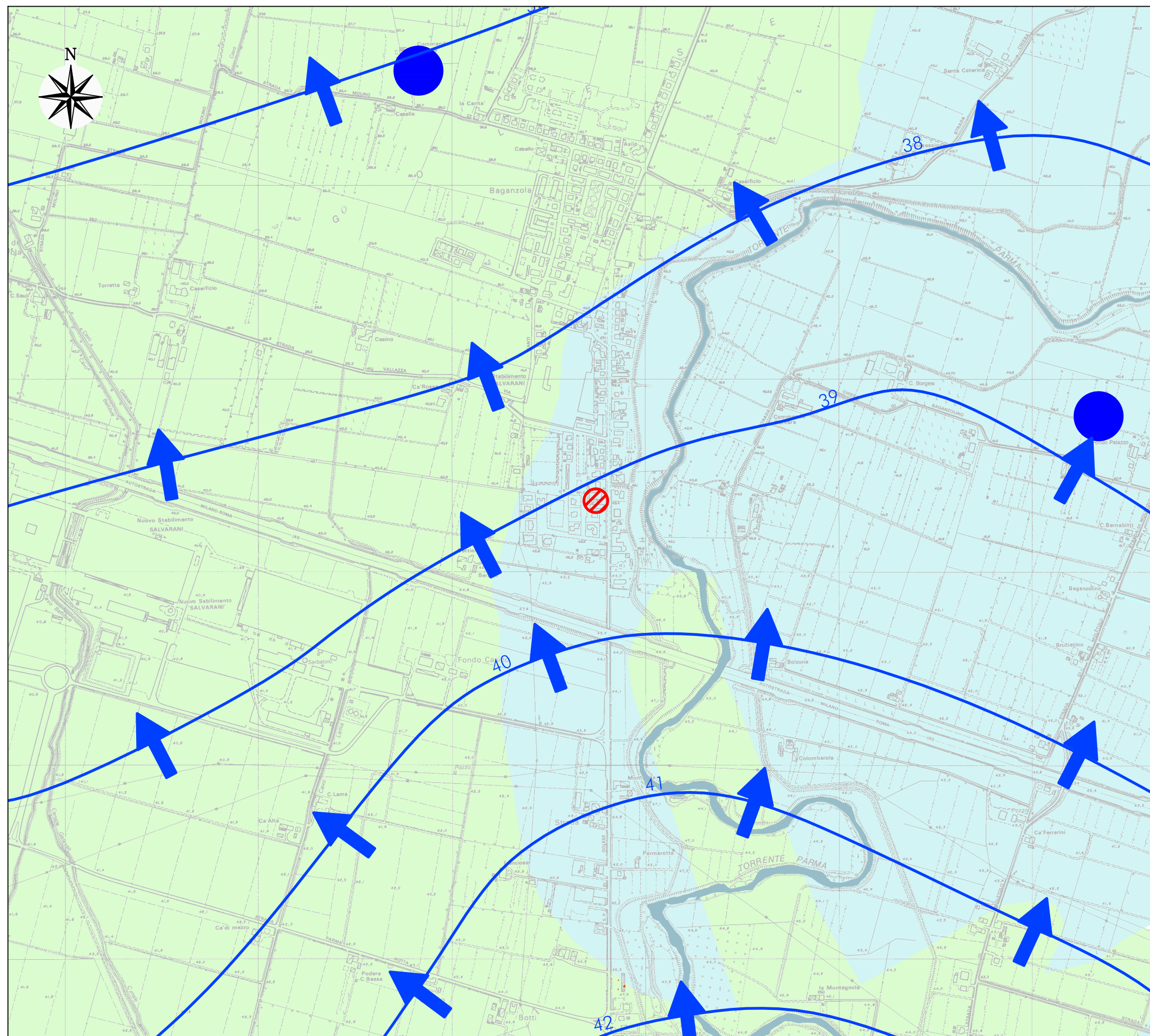


Limite del bacino interfluviale delimitante aree morfologicamente depresse (valli)



Risorgiva o fontanile con canale di scolo

TAV.2 - CARTA GEOLITOLOGICO-MORFOLOGICA - scala 1:10.000



LEGENDA

Territorio



Area di studio

Idrogeologia



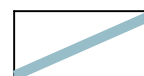
Isopieza equidistanza 1 m s.l.m.



Direzione di flusso



Pozzo della rete di misura

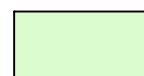


T. Parma

Vulnerabilità degli acquiferi

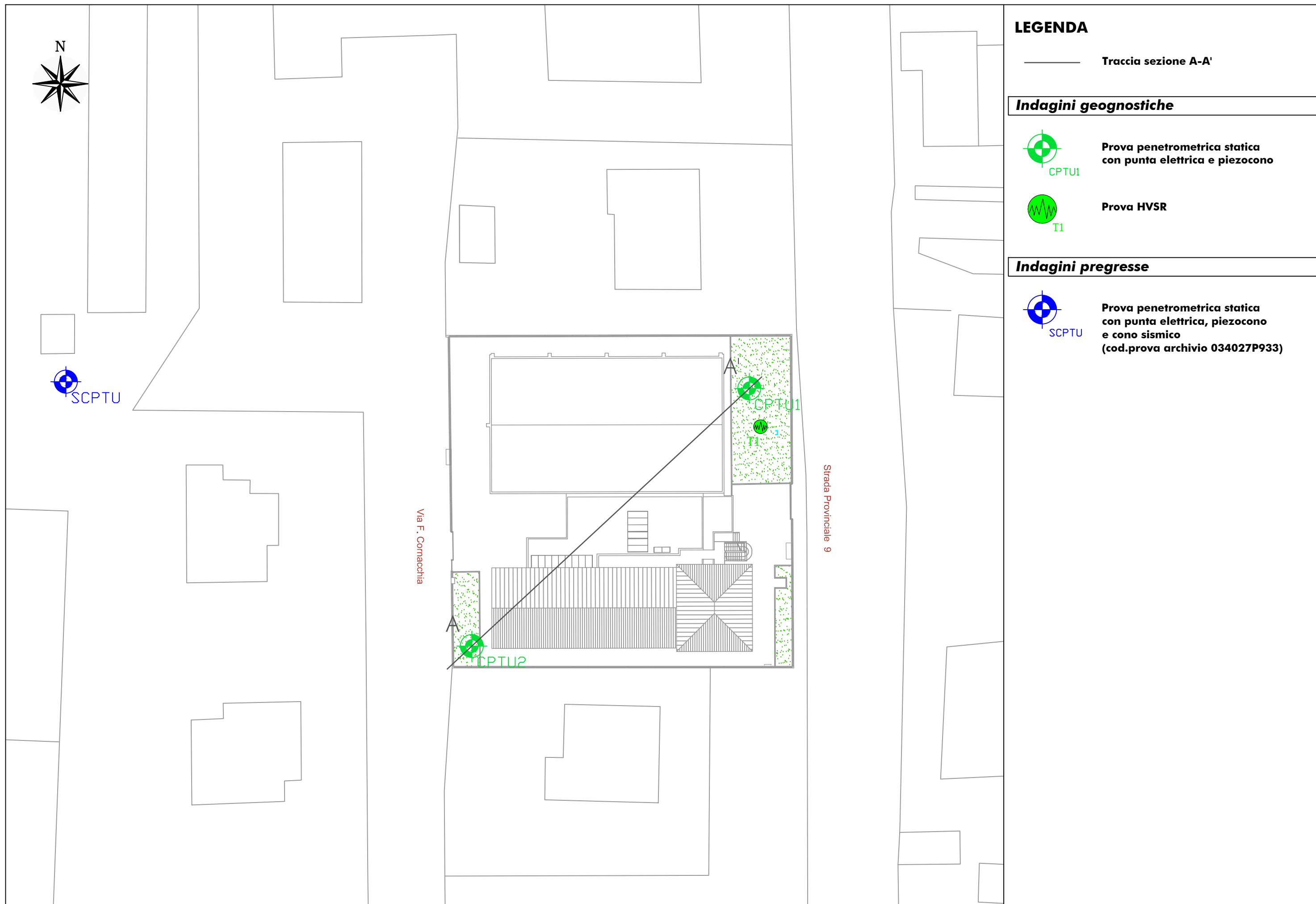


Zona di protezione totale degli acquiferi principali



Zona di protezione parziale degli acquiferi principali

TAV.3 - CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA'- scala 1:10.000



TAV.4 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI - scala 1:500

LEGENDA

Edificio esistente

Litologia

- Terreno di riporto
- Depositi prevalentemente argillosi sovraconsolidati
- Depositi prevalentemente argillosi normalconsolidati
- Depositi prevalentemente ghiaiosi

Indagini geognostiche

CPTU1
Prof. 20m
(2016)

— CODICE PROVA
— PROFONDITA' (m)
— ANNO ESECUZIONE

CPTU2
Prova penetrometrica statica
con punta elettrica e piezocono

Livello di falda rilevato

Fr (%)

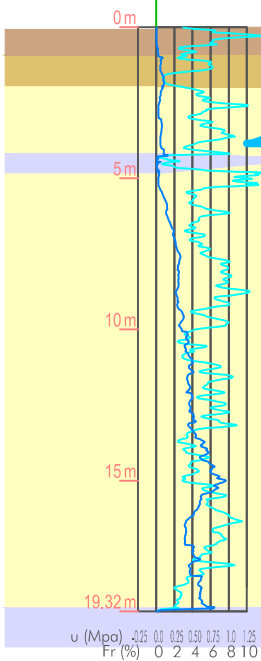
Friction (Fr)

U (MPa)

Pressione interstiziale (U)

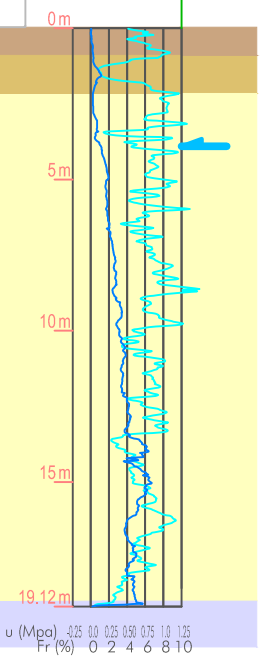
CPTU2
Prof. 19.32 m
(2018)

A



CPTU1
Prof. 19.12 m
(2018)

A'





Comune di Parma
Provincia di Parma
Settore Lavori Pubblici, Manutenzioni e Sismica

**Interventi di adeguamento
normativo sismico, impiantistico
ed efficientamento energetico
del complesso scolastico "Malpeli"**

ALLEGATO 1 PROVE PENETROMETRICHE

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti

Collaboratori:

Dott. Geol. Matteo Baisi
Dott. Ing. Giulia Mainardi

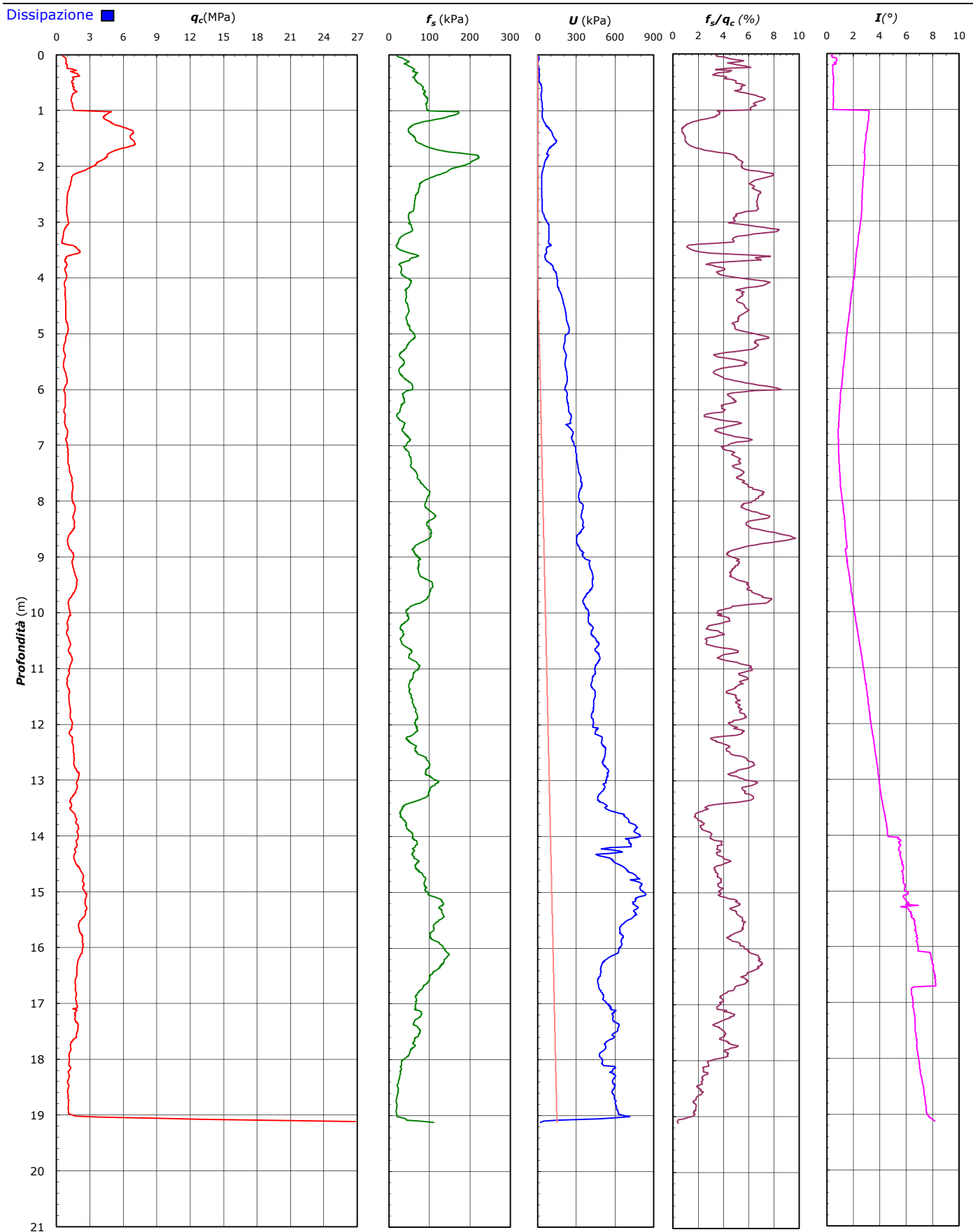


Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel-Fax 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

COMMITTENTE: ENGEO S.r.l. - Via Suor Maria Adorni, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

PROVA N°: CPTU 01 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.90 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA: 22-11-18 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.850591° LONG. (WGS 84): 10.308109°
COMMESSA: 18523/18 C. SITO N°: S180775 del 26-11-18 OPERATORE: L. Zanirato



COMMITTENTE: **ENGEO S.r.l. - Via Suor Maria Adorni, 2 - 43121 Parma**

CANTIERE: **Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)**

PROVA N°: CPTU 01 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.90 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA: 22-11-18 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.850591° LONG. (WGS 84): 10.308109°
COMMESSA: 18523/18 C. SITO N°: S180775 del 26-11-18 OPERATORE: L. Zanirato

UBICAZIONE

Località: Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da CertQualify

Qualità Ambiente Sicurezza

UNI EN ISO 9001:2008

UNI EN ISO 14001:2004

BS OHSAS 18001:2007



COMMITTENTE: ENGE S.r.l. - Via Suor Maria Adorni, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

PROVA N°: CPTU 02 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.85

PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 22-11-18

PREFORO (m da p.c.):

LAT. (WGS 84): 44.850304°

LONG. (WGS 84): 10.307545°

COMMESSA: 18523/18

C. SITO N°: S180776 del 26-11-18 OPERATORE: L. Zanirato

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi
0.02	0.70	16.38	5.86	2.02	2.02	3.09	92.23	90.51	1.41	4.02	0.79	19.04	75.05	1.18	6.02	0.90	38.64	152.38	3.19	8.02	1.34	81.11	295.64	2.46
0.04	0.81	21.82	5.05	1.96	2.04	3.02	95.23	84.00	1.42	4.04	0.86	23.50	103.54	1.17	6.04	0.88	39.86	151.57	3.18	8.04	1.32	80.67	294.83	2.46
0.06	0.84	27.93	4.23	2.01	2.06	2.96	104.45	78.31	1.41	4.06	0.83	27.28	107.61	1.17	6.06	0.83	41.21	140.98	3.16	8.06	1.38	78.79	311.11	2.43
0.08	0.83	36.05	4.23	1.97	2.08	2.92	109.23	75.05	1.41	4.08	0.81	29.95	107.61	1.17	6.08	0.83	42.54	139.35	3.15	8.08	1.42	80.02	315.18	2.42
0.10	0.84	45.27	5.05	1.97	2.10	2.76	109.22	70.98	1.41	4.10	0.77	33.28	106.79	1.18	6.10	0.79	44.43	136.91	3.14	8.10	1.44	80.13	313.55	2.43
0.12	0.89	53.16	5.05	1.94	2.12	2.73	112.11	68.53	1.42	4.12	0.74	35.62	105.98	1.17	6.12	0.76	46.33	136.10	3.13	8.12	1.45	83.02	311.11	2.41
0.14	0.83	40.93	4.23	1.97	2.14	2.58	113.78	63.65	1.42	4.14	0.69	37.95	104.35	1.18	6.14	0.76	46.10	136.91	3.13	8.14	1.48	85.46	312.73	2.42
0.16	0.79	39.71	5.05	1.97	2.16	2.54	113.45	62.03	1.42	4.16	0.65	39.17	102.73	1.18	6.16	0.75	44.99	138.54	3.12	8.16	1.47	88.79	308.67	2.40
0.18	0.78	43.83	5.05	1.97	2.18	2.68	108.00	63.65	1.43	4.18	0.62	38.73	101.91	1.16	6.18	0.75	40.54	138.54	3.13	8.18	1.45	92.35	303.78	2.40
0.20	0.78	49.16	3.41	1.97	2.20	2.73	100.44	63.65	1.42	4.20	0.60	37.40	100.28	1.17	6.20	0.73	38.10	140.98	3.11	8.20	1.48	93.68	302.15	2.40
0.22	0.72	53.61	0.97	1.98	2.22	2.76	99.33	62.84	1.43	4.22	0.63	35.28	101.91	1.17	6.22	0.76	33.99	145.05	3.12	8.22	1.48	98.23	303.78	2.40
0.24	0.70	57.61	1.47	1.97	2.24	2.74	99.88	62.03	1.43	4.24	1.94	34.95	162.15	1.18	6.24	0.78	30.88	149.12	3.11	8.24	1.49	99.12	307.85	2.39
0.26	0.71	59.16	0.65	1.97	2.26	2.68	99.22	59.58	1.44	4.26	7.64	62.28	156.45	1.90	6.26	0.78	29.10	153.19	3.09	8.26	1.53	97.01	309.48	2.39
0.28	0.56	59.95	1.47	1.99	2.28	2.55	97.43	56.33	1.43	4.28	13.21	30.62	10.42	2.26	6.28	0.78	28.21	157.26	3.08	8.28	1.52	95.23	307.85	2.39
0.30	0.61	59.28	4.23	1.97	2.30	2.34	100.43	52.25	1.43	4.30	18.77	31.04	13.61	2.61	6.30	0.77	27.54	159.71	3.08	8.30	1.55	93.34	307.85	2.38
0.32	0.66	56.29	3.41	1.97	2.32	2.21	107.43	50.63	1.42	4.32	15.38	31.96	12.37	2.27	6.32	0.77	27.21	162.96	3.08	8.32	1.57	92.01	307.04	2.38
0.34	0.75	52.73	1.79	1.95	2.34	2.18	107.88	50.63	1.43	4.34	11.99	128.51	31.91	2.24	6.34	0.76	26.32	165.40	3.06	8.34	1.59	91.79	307.04	2.37
0.36	0.77	50.85	1.79	1.97	2.36	2.19	104.54	50.63	1.42	4.36	15.55	136.51	23.77	3.15	6.36	0.76	27.54	168.66	3.06	8.36	1.60	92.01	306.23	2.38
0.38	0.82	51.19	2.60	1.97	2.38	2.21	101.32	51.44	1.41	4.38	18.21	192.29	7.98	2.81	6.38	0.75	26.54	171.10	3.05	8.38	1.59	94.89	304.59	2.38
0.40	0.87	49.52	3.41	1.94	2.40	2.30	97.98	53.07	1.40	4.40	13.92	135.29	15.31	3.24	6.40	0.76	25.88	172.73	3.04	8.40	1.56	96.56	305.41	2.36
0.42	0.90	46.75	2.60	1.94	2.42	2.31	94.09	53.89	1.41	4.42	10.76	207.95	5.54	3.61	6.42	0.78	27.88	178.43	3.03	8.42	1.54	97.89	305.41	2.36
0.44	0.96	48.42	2.60	1.94	2.44	2.15	91.42	51.44	1.40	4.44	4.32	244.17	7.49	3.59	6.44	0.79	27.66	186.57	3.02	8.44	1.55	97.00	307.85	2.36
0.46	1.01	52.42	3.41	1.93	2.46	1.98	89.09	49.00	1.40	4.46	14.88	193.05	59.58	3.78	6.46	0.81	24.66	190.63	3.00	8.46	1.56	95.11	307.85	2.37
0.48	1.02	54.75	5.05	1.91	2.48	1.82	89.86	45.75	1.39	4.48	19.70	181.82	33.53	3.99	6.48	0.79	23.66	193.08	2.99	8.48	1.56	94.00	306.23	2.35
0.50	1.10	55.42	5.05	1.90	2.50	1.65	90.75	42.49	1.39	4.50	24.51	170.59	7.49	4.20	6.50	0.77	22.10	194.71	3.00	8.50	1.61	91.77	307.85	2.36
0.52	1.19	58.09	5.86	1.91	2.52	1.49	91.09	40.05	1.38	4.52	10.44	34.94	24.26	4.10	6.52	0.79	22.77	197.96	2.99	8.52	1.59	87.89	307.04	2.35
0.54	1.30	62.98	5.86	1.88	2.54	1.35	91.31	37.61	1.38	4.54	13.44	54.16	4.23	4.01	6.54	0.79	22.66	201.22	2.98	8.54	1.62	83.66	307.04	2.37
0.56	1.25	68.10	5.86	1.86	2.56	1.18	90.97	34.35	1.38	4.56	10.43	108.15	10.42	4.23	6.56	0.80	21.44	206.10	2.96	8.56	1.64	83.22	307.04	2.34
0.58	1.18	68.10	5.05	1.87	2.58	1.08	88.19	32.72	1.37	4.58	9.56	130.93	15.31	4.16	6.58	0.82	21.55	209.36	2.95	8.58	1.60	85.99	304.59	2.36
0.60	1.30	70.10	6.67	1.86	2.60	1.00	82.63	31.09	1.34	4.60	8.35	145.49	4.73	4.09	6.60	0.79	24.11	210.17	2.95	8.60	1.59	89.33	304.59	2.35
0.62	1.81	71.77	9.93	1.90	2.62	0.96	74.86	31.09	1.35	4.62	8.32	140.72	7.98	4.04	6.62	0.76	24.77	210.99	2.94	8.62	1.56	89.66	301.34	2.34
0.64	2.14	61.33	18.07	1.89	2.64	0.94	66.30	30.28	1.33	4.64	8.50	117.83	9.61	3.90	6.64	0.73	24.88	214.24	2.93	8.64	1.54	92.21	295.64	2.35
0.66	2.58	53.77	13.19	1.88	2.66	0.94	58.74	30.28	1.31	4.66	5.82	132.27	13.68	3.75	6.66	0.73	23.22	224.83	2.93	8.66	1.43	97.21	289.95	2.34
0.68	2.40	54.33	14.00	1.89	2.68	1.00	52.63	31.09	1.31	4.68	4.71	142.60	10.42	3.74	6.68	0.72	21.22	233.78	2.92	8.68	1.40	100.21	286.69	2.34
0.70	2.60	49.22	18.88	1.88	2.70	1.02	47.63	31.09	1.31	4.70	3.31	143.82	25.89	3.70	6.70	0.73	18.66	238.66	2.90	8.70	1.31	100.10	280.17	2.34
0.72	2.80	60.99	24.58	1.88	2.72	0.98	42.85	31.91	1.30	4.72	3.46	140.70	21.01	3.73	6.72	0.73	17.44	241.92	2.89	8.72	1.26	98.76	274.48	2.34
0.74	2.90	66.44	27.83	1.86	2.74	0.95	39.41	31.09	1.29	4.74	2.98	129.36	21.01	3.68	6.74	0.73	16.66	242.73	2.88	8.74	1.23	97.65	272.03	2.33
0.76	2.87	75.99	26.21	1.88	2.76	0.85	39.07	30.28	1.28	4.76	2.89	131.03	42.17	3.57	6.76	0.73	17.78	241.92	2.88	8.76	1.22	95.76	270.41	2.33
0.78	2.54	82.55	21.33	1.90	2.78	0.82	36.41	28.65	1.26	4.78	1.69	125.81	9.11	3.58	6.78	0.73	18.78	240.29	2.86	8.78	1.19	92.76	270.41	2.33
0.80	2.30	84.55	21.33	1.89	2.80	0.82	32.52	28.65	1.27	4.80	1.03	109.69	24.58	3.58	6.80	0.73	21.55	237.85	2.86	8.80	1.17	88.54	271.22	2.32
0.82	2.08	79.55	19.69	1.90	2.82	0.79	30.86	28.65	1.25	4.82	0.97	85.91	41.67	3.56	6.82	0.72	24.67	233.78	2.86	8.82	1.19	84.32	274.48	2.32
0.84	2.10	72.99	21.33	1.90	2.84	0.74	29.86	27.83	1.27	4.84	0.90	68.35	42.49	3.55	6.84	0.73	27.67	230.52	2.85	8.84	1.19	80.09	276.11	2.32
0.86	2.25	62.10	22.95	1.92	2.86	0.74	28.86	28.65	1.25	4.86	0.85	71.68	41.67	3.53	6.86	0.73	30.11	231.33	2.84	8.86	1.17	76.98	276.92	2.34
0.88	2.32	53.99	25.39	1.89	2.88	0.75	27.64	28																



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da CertQualify
Qualità Ambiente Sicurezza
UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



COMMITTENTE: ENGELO S.r.l. - Via Suor Maria Adorni, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

PROVA N°: CPTU 02 **PROF. FALDA (m da p.c.):** 3.85

PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 22-11-18

PREFORO (m da p.c.):

LAT. (WGS 84): 44.850304° **LONG. (WGS 84):** 10.307545°

COMMESSA: 18523/18

C. SITO N°: S180776 del 26-11-18 **OPERATORE:** L. Zanirato

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
10.02	0.92	27.79	354.25	2.26	12.02	1.51	76.04	443.79	2.58	14.02	1.79	45.41	698.57	3.29	16.02	2.26	125.37	527.63	4.04	18.02	1.06	35.31	462.51	4.89
10.04	0.91	26.13	356.69	2.26	12.04	1.50	75.82	431.58	2.56	14.04	1.81	48.07	718.92	3.30	16.04	2.25	126.48	522.75	4.07	18.04	1.09	35.42	463.33	4.91
10.06	0.89	25.91	357.51	2.24	12.06	1.40	80.16	424.25	2.58	14.06	1.85	46.30	729.51	3.32	16.06	2.19	128.37	518.68	4.08	18.06	1.05	36.98	464.95	4.92
10.08	0.91	23.39	423.44	2.24	12.08	1.38	81.16	416.11	2.59	14.08	1.85	47.52	716.48	3.31	16.08	2.21	129.70	518.68	4.06	18.08	1.06	36.43	469.03	4.94
10.10	0.90	22.72	427.51	2.26	12.10	1.39	77.95	476.35	2.60	14.10	1.77	51.53	711.59	3.34	16.10	2.21	131.14	517.05	4.08	18.10	1.05	35.10	473.91	4.94
10.12	0.92	22.16	431.58	2.28	12.12	1.38	74.39	482.05	2.60	14.12	1.67	54.42	688.81	3.34	16.12	2.21	133.59	514.61	4.09	18.12	1.03	33.54	482.05	4.96
10.14	0.93	22.50	434.02	2.25	12.14	1.41	69.39	487.75	2.62	14.14	1.59	57.53	673.34	3.36	16.14	2.20	135.06	513.79	4.10	18.14	1.06	30.76	489.37	4.96
10.16	0.96	21.83	434.83	2.26	12.16	1.46	62.95	492.63	2.62	14.16	1.53	57.20	657.87	3.35	16.16	2.15	133.94	501.59	4.13	18.16	1.07	26.79	627.75	4.98
10.18	0.97	22.17	431.58	2.25	12.18	1.46	58.51	489.37	2.63	14.18	1.47	57.53	631.83	3.37	16.18	2.13	129.17	490.19	4.13	18.18	1.10	25.91	631.01	5.00
10.20	0.91	25.17	426.69	2.25	12.20	1.47	55.95	495.07	2.65	14.20	1.42	60.53	613.10	3.36	16.20	2.08	126.05	474.72	4.13	18.20	1.10	24.79	625.31	5.01
10.22	0.90	23.50	420.19	2.25	12.22	1.54	53.39	499.95	2.64	14.22	1.41	62.76	601.71	3.38	16.22	2.01	124.27	464.95	4.13	18.22	1.08	24.79	620.43	5.02
10.24	0.89	23.94	417.74	2.26	12.24	1.56	54.39	503.21	2.66	14.24	1.39	63.42	604.15	3.39	16.24	1.97	122.16	454.37	4.15	18.24	1.10	24.79	617.99	5.03
10.26	0.87	24.50	412.05	2.27	12.26	1.55	53.50	500.77	2.66	14.26	1.46	60.98	613.91	3.40	16.26	1.89	122.83	444.61	4.16	18.26	1.10	25.24	614.73	5.06
10.28	0.85	23.61	413.67	2.26	12.28	1.54	55.95	493.45	2.67	14.28	1.52	59.87	623.69	3.40	16.28	1.85	119.38	434.83	4.17	18.28	1.08	26.13	612.29	5.05
10.30	0.86	22.28	415.30	2.27	12.30	1.49	59.06	484.49	2.70	14.30	1.60	62.31	635.08	3.41	16.30	1.79	118.27	425.07	4.19	18.30	1.08	25.46	610.66	5.07
10.32	0.84	21.17	417.74	2.26	12.32	1.40	62.06	477.98	2.69	14.32	1.69	63.31	649.73	3.42	16.32	1.72	119.27	415.30	4.20	18.32	1.07	25.91	601.71	5.08
10.34	0.85	18.84	423.44	2.27	12.34	1.34	63.50	471.47	2.71	14.34	1.80	62.64	678.22	3.44	16.34	1.67	117.93	411.23	4.22	18.34	1.05	25.02	593.57	5.09
10.36	0.89	17.50	435.65	2.27	12.36	1.33	64.61	468.21	2.70	14.36	1.92	59.97	701.01	3.46	16.36	1.67	112.71	412.05	4.23	18.36	1.04	24.24	584.61	5.10
10.38	0.93	16.61	441.35	2.26	12.38	1.34	64.06	463.33	2.70	14.38	2.00	60.31	717.29	3.46	16.38	1.69	105.93	410.41	4.24	18.38	1.01	23.69	580.54	5.11
10.40	0.99	16.61	448.67	2.26	12.40	1.28	68.28	457.63	2.72	14.40	2.08	61.64	723.81	3.46	16.40	1.63	101.71	403.09	4.24	18.40	0.99	22.13	576.47	5.12
10.42	1.01	18.84	450.30	2.26	12.42	1.25	71.28	453.56	2.73	14.42	2.14	63.97	732.76	3.49	16.42	1.62	95.71	399.83	4.25	18.42	0.98	20.35	576.47	5.12
10.44	1.01	19.62	441.35	2.25	12.44	1.26	71.61	454.37	2.74	14.44	2.16	65.75	740.09	3.50	16.44	1.60	90.26	397.39	4.27	18.44	0.96	19.35	575.66	5.12
10.46	1.02	21.17	433.21	2.25	12.46	1.25	72.72	453.56	2.73	14.46	2.22	66.30	750.67	3.49	16.46	1.55	86.71	394.13	4.28	18.46	0.96	17.57	582.99	5.14
10.48	0.97	26.17	417.74	2.26	12.48	1.26	73.72	456.00	2.74	14.48	2.37	66.97	775.09	3.49	16.48	1.55	81.93	394.13	4.29	18.48	1.01	16.24	597.63	5.16
10.50	0.92	29.06	403.91	2.25	12.50	1.31	72.83	460.07	2.75	14.50	2.44	69.75	784.04	3.51	16.50	1.57	79.15	396.58	4.30	18.50	1.05	15.47	610.66	5.17
10.52	0.86	32.95	390.07	2.25	12.52	1.32	72.61	463.33	2.75	14.52	2.47	73.08	801.95	3.52	16.52	1.56	79.82	394.95	4.31	18.52	1.08	14.80	622.87	5.18
10.54	0.86	35.73	391.69	2.25	12.54	1.37	69.50	466.58	2.76	14.54	2.55	72.74	806.02	3.52	16.54	1.60	78.04	403.09	4.33	18.54	1.11	14.47	627.75	5.19
10.56	0.91	36.40	398.21	2.25	12.56	1.42	67.05	473.09	2.77	14.56	2.55	76.52	774.27	3.53	16.56	1.61	75.59	408.79	4.33	18.56	1.11	15.24	624.50	5.22
10.58	0.90	36.62	399.02	2.26	12.58	1.46	65.39	475.53	2.75	14.58	2.52	81.30	777.53	3.53	16.58	1.60	72.82	409.60	4.34	18.58	1.10	16.02	613.10	5.21
10.60	0.90	33.95	393.32	2.26	12.60	1.45	65.83	474.72	2.77	14.60	2.44	84.97	773.46	3.55	16.60	1.60	71.26	410.41	4.34	18.60	1.10	17.25	613.10	5.22
10.62	0.92	30.40	404.72	2.27	12.62	1.44	67.16	470.65	2.78	14.62	2.41	84.30	766.13	3.56	16.62	1.60	70.82	408.79	4.34	18.62	1.11	17.47	618.80	5.25
10.64	0.91	27.95	412.05	2.27	12.64	1.40	70.60	467.39	2.79	14.64	2.33	85.74	752.29	3.56	16.64	1.57	72.04	412.05	4.35	18.64	1.12	18.25	616.36	5.25
10.66	0.91	23.62	413.67	2.27	12.66	1.40	73.60	465.77	2.78	14.66	2.34	84.96	752.29	3.56	16.66	1.60	71.93	414.49	4.35	18.66	1.11	19.14	609.85	5.26
10.68	0.88	23.40	409.60	2.28	12.68	1.39	76.04	460.89	2.79	14.68	2.20	83.63	742.53	3.58	16.68	1.65	72.71	414.49	4.38	18.68	1.11	20.69	602.52	5.28
10.70	0.84	24.29	404.72	2.27	12.70	1.36	78.38	453.56	2.81	14.70	2.15	80.41	748.23	3.57	16.70	1.65	76.27	411.23	4.38	18.70	1.12	21.36	605.77	5.28
10.72	0.81	25.51	403.09	2.28	12.72	1.32	82.04	459.25	2.81	14.72	2.09	74.52	751.48	3.58	16.72	1.63	82.94	412.05	4.38	18.72	1.13	21.70	611.47	5.29
10.74	0.82	25.51	411.23	2.30	12.74	1.34	82.60	472.28	2.81	14.74	2.08	69.40	750.67	3.59	16.74	1.67	84.94	410.41	4.39	18.74	1.13	19.47	605.77	5.29
10.76	0.86	23.95	424.25	2.29	12.76	1.38	81.38	491.81	2.82	14.76	2.04	68.52	767.76	3.60	16.76	1.68	85.60	405.53	4.40	18.76	1.10	20.47	597.63	5.29
10.78	0.92	22.29	434.83	2.30	12.78	1.42	79.49	507.28	2.82	14.78	2.05	67.29	786.49	3.61	16.78	1.66	87.71	406.35	4.41	18.78	1.08	21.25	600.08	5.30
10.80	0.94	20.95	437.28	2.30	12.80	1.46	78.60	513.79	2.84	14.80	2.08	63.51	813.35	3.63	16.80	1.68	86.05	403.91	4.42	18.80	1.08	19.92	607.41	5.30
10.82	0.94	21.85	442.16	2.30	12.82	1.60	73.93	502.40	2.84	14.82	2.20	58.74	841.02	3.62	16.82	1.66	88.16	396.58	4.41	18.82	1.08	18.92	607.41	5.32
10.84	0.94	21.29	444.61	2.30	12.84	1.73	70.93	513.79	2.85	14.84	2.26	58.07	861.37	3.63	16.84	1.64	86.61	397.39	4.42	18.84	1.08	18.70	604.96	5.33

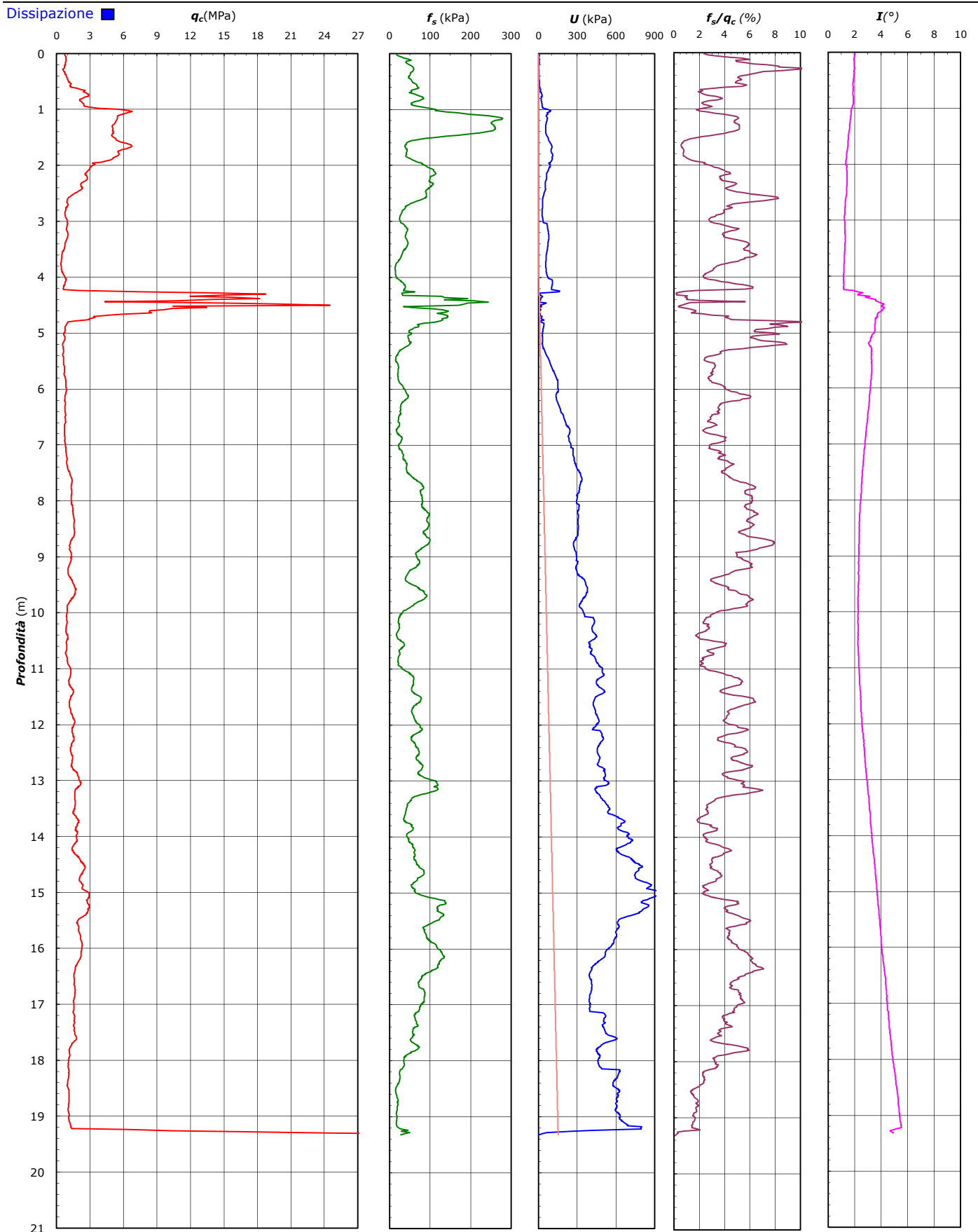
COMMITTENTE: ENGEO S.r.l. - Via Suor Maria Adorni, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

PROVA N°: CPTU 02 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.85 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 22-11-18 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.850304° LONG. (WGS 84): 10.307545°

COMMESSA: 18523/18 C. SITO N°: S180776 del 26-11-18 OPERATORE: L. Zanirato



COMMITTENTE: **ENGEO S.r.l. - Via Suor Maria Adorni, 2 - 43121 Parma**

CANTIERE: **Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)**

PROVA N°:	CPTU 02	PROF. FALDA (m da p.c.):	3.85	PUNTA:	Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA:	22-11-18	PREFORO (m da p.c.):		LAT. (WGS 84):	44.850304°
COMMESSA:	18523/18	C. SITO N°:	S180776 del 26-11-18	OPERATORE:	L. Zanirato

UBICAZIONE

Località: Scuola secondaria di I° grado "Malpeli" - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova



Comune di Parma
Provincia di Parma
Settore Lavori Pubblici, Manutenzioni e Sismica

**Interventi di adeguamento
normativo sismico, impiantistico
ed efficientamento energetico
del complesso scolastico "Malpeli"**

**ALLEGATO 2
PROVA HVSR**

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti

Collaboratori:

Dott. Geol. Matteo Baisi
Dott. Ing. Giulia Mainardi



Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel-Fax 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

PROGETTO:	Scuole Parma
LOCALITA':	Parma (PR)

PROVA HVSR

Comune Parma	Località Baganzola	
Cantiere Complesso scolastico "Malpeli"	Data 22/11/2018	Ora 10.21
Codice lavoro PARM.30.1852 - Scuole Parma		
Codice Prova	File MALP_1	Durata (min) 20
Strumento Echo Tromo HVSR3	Freq.camp. 155 Hz	F. sensore 2.0 Hz
Operatore Dott. Geol. Matteo Baisi		

CONDIZIONI ATMOSFERICHE

Vento	☐ assente	☒ debole (<5m/s)	☐ medio (5>v>30 m/s)	☐ forte (>30 m/s)
Pioggia	☒ assente	☐ debole	☐ media	☐ forte

TERRENO DI PROVA

Suolo	☒ argilloso-limoso soffice	☐ argilloso-limoso duro	☐ con erba	☒ senza erba, ma foglie
	☐ ghiaia	☐ sabbia	☐ roccia	
	☐ suolo asciutto	☒ suolo umido	☐ suolo saturo	
Pavimentazione artificiale	☐ rilevato in ghiaia	☐ cemento/cls	☐ asfalto	☐ ceramica
	☐ altro:			
Accoppiamento sensore	☒ piedini infissi	☐ piedini da pavimento	☐ accoppiamento artificiale	☐ sabbia ☐ altro

STRUTTURE CIRCOSTANTI

Abitazioni	☐ assenti	☐ sparse	☒ fitte	☐ molto fitte
Fabbriche	☒ assenti	☐ sparse	☐ fitte	☐ molto fitte
Ponti	☒ assenti		☐ presenti	
Strutt. sotterranee	☒ assenti		☐ presenti:	
Piante	☐ assenti	☐ sparse	☒ fitte	☐ molto fitte

SORGENTI RUMORE

Disturbo discontinuo		assente	raro	moderato	forte	molto forte	Distanza (m)
	auto				✓		7
	camion			✓			7
	passanti	✓					
	Altro						
Disturbo cont.	☐ assente		☒ presente: penetrometro in funzione				

OSSERVAZIONI:

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGUE	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Novembre 2018	0	1 di 6

PROGETTO:	Scuole Parma
LOCALITA':	Parma (PR)

Tracce in input

Dati riepilogativi:

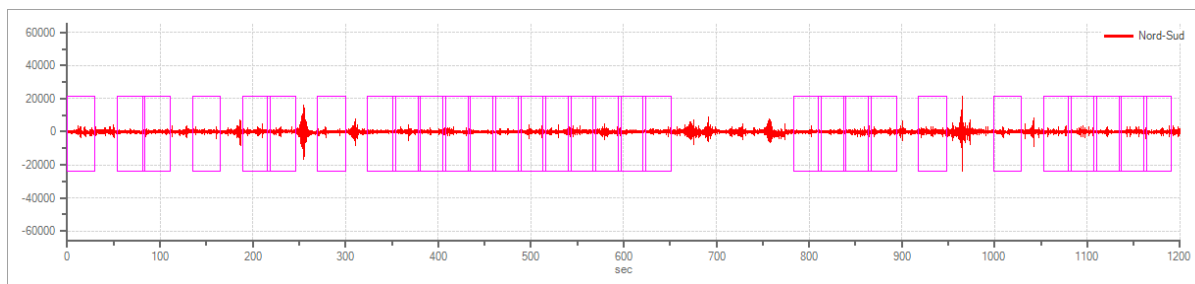
Numero tracce: 3
 Durata registrazione: 1200 s
 Frequenza di campionamento: 155.00Hz
 Numero campioni: 186000
 Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Finestre selezionate

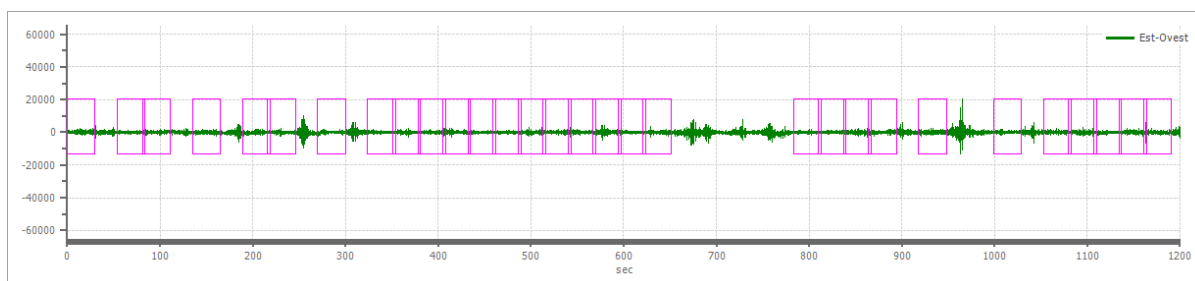
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 30
 Numero finestre incluse nel calcolo: 23
 Dimensione temporale finestre: 30.00 s
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Percentuale di lisciamento: 40.00

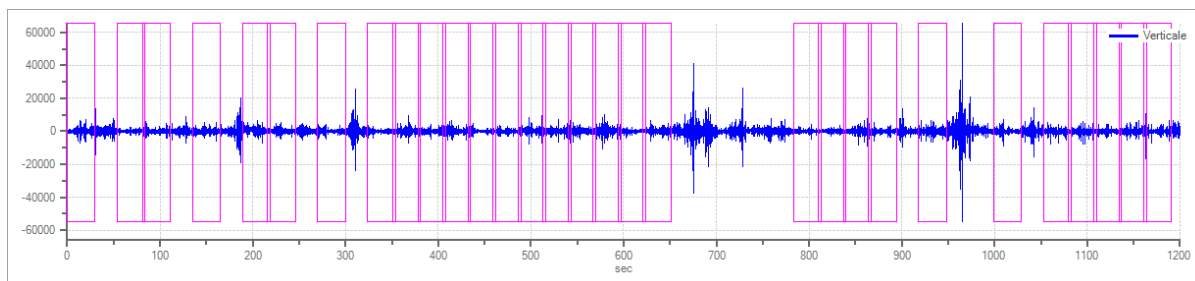
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



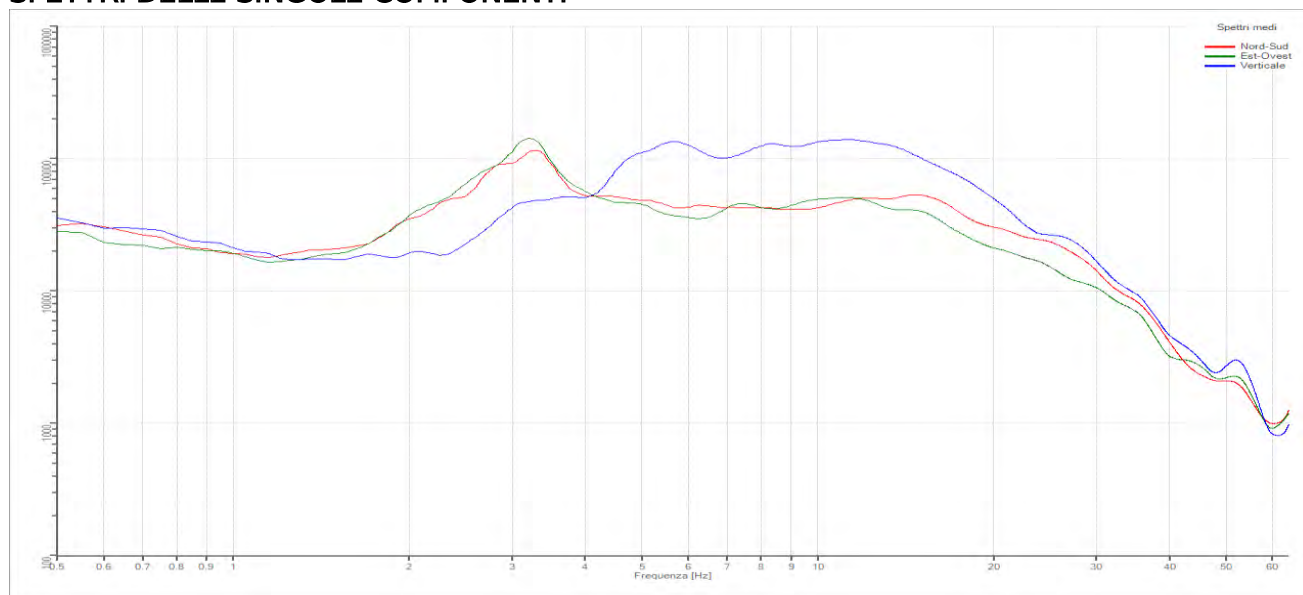
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

PROGETTO:	Scuole Parma
LOCALITA':	Parma (PR)

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64.00 Hz

Frequenza minima: 0.50 Hz

Passo frequenze: 0.05 Hz

Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale

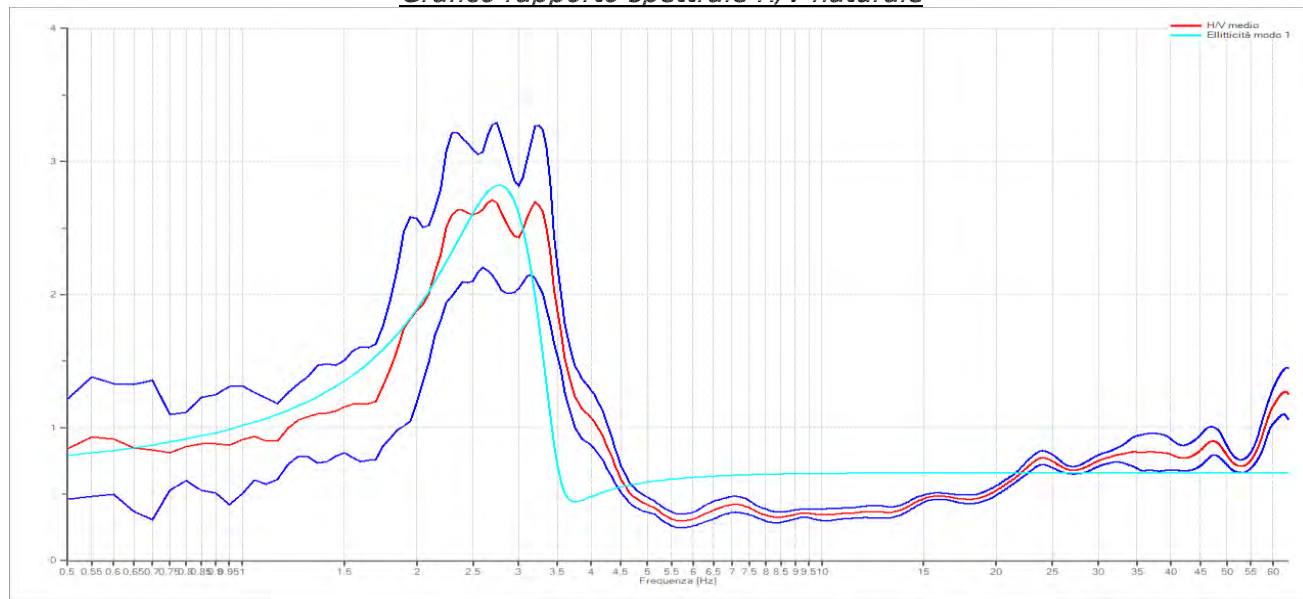
Percentuale di lisciamento: 10.00 %

Tipo di somma direzionale: Media quadratica

Risultati:

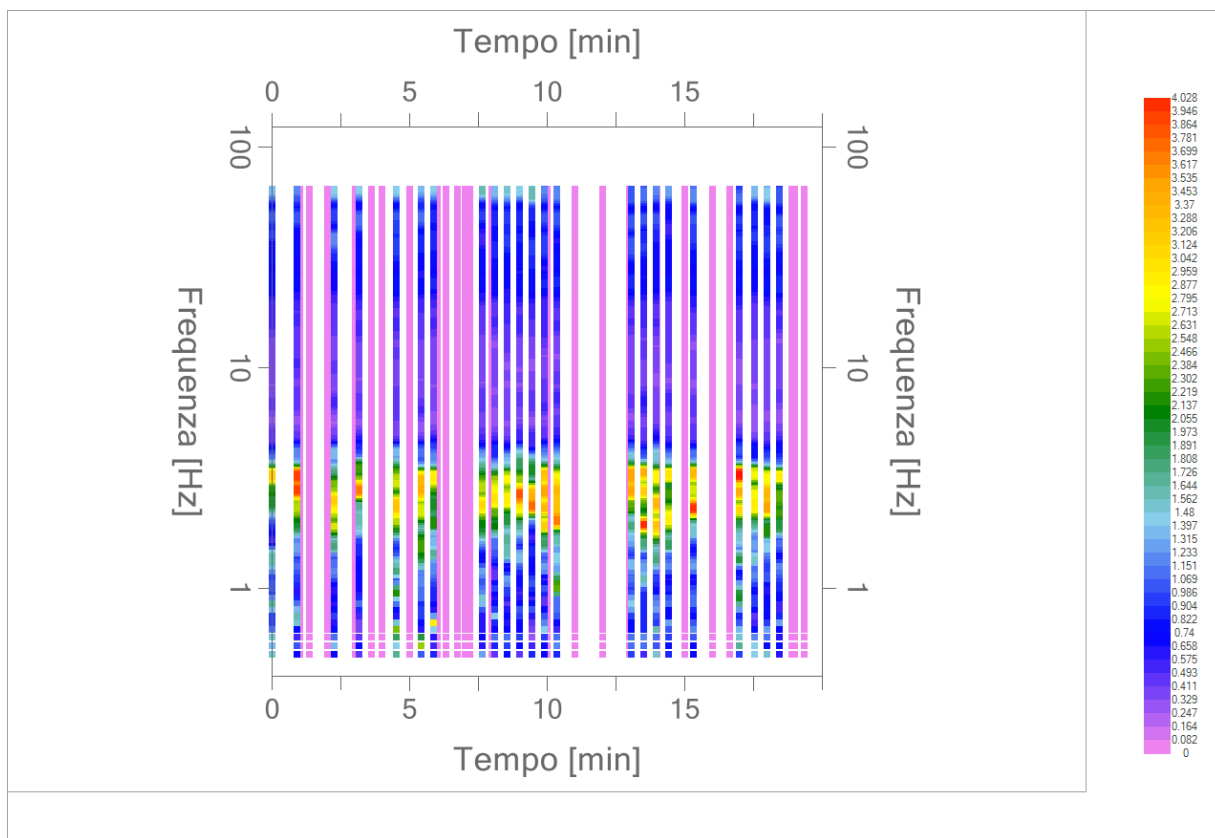
Frequenza del picco del rapporto H/V: $2.70 \text{ Hz} \pm 0.21 \text{ Hz}$

Grafico rapporto spettrale H/V naturale

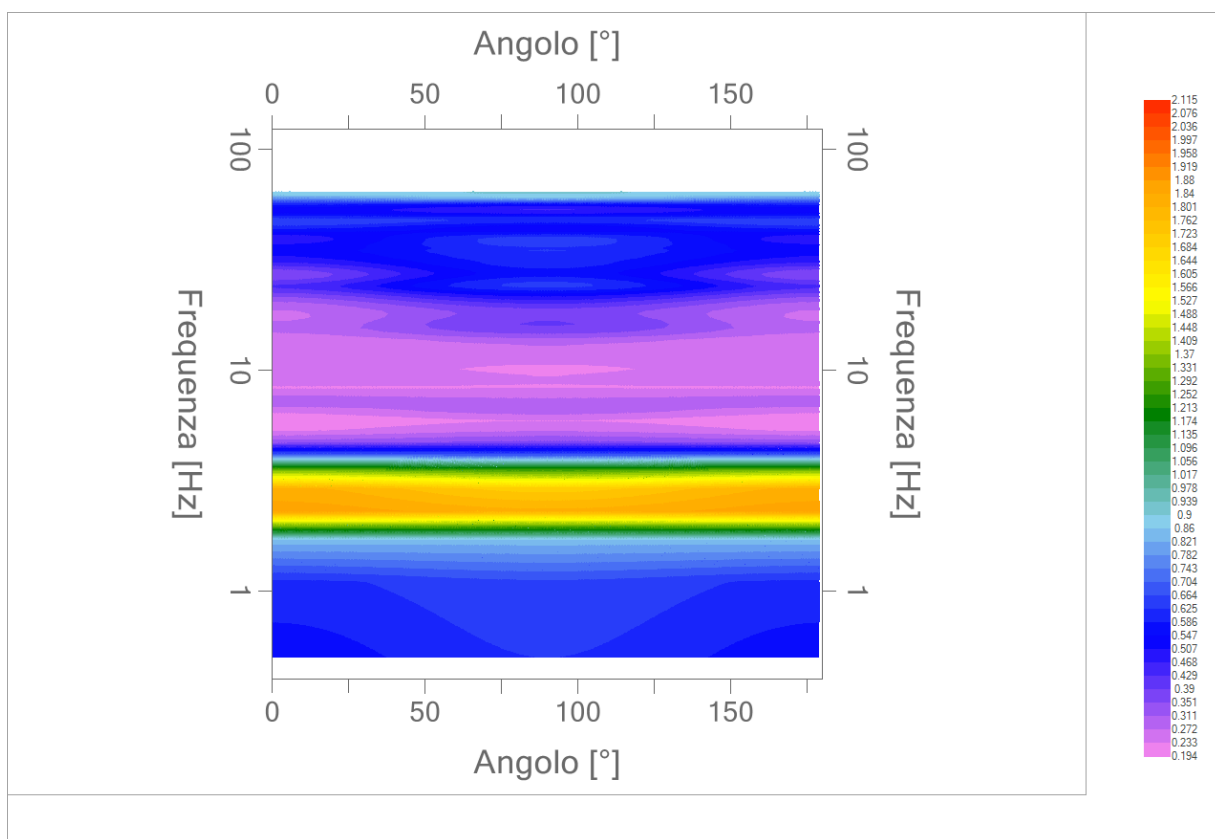


 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGIST	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Novembre 2018	0	3 di 6

PROGETTO:	Scuole Parma
LOCALITA':	Parma (PR)



Mappa della stazionarietà degli spettri



DIREZIONALITA' H/V

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGIST	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Novembre 2018	0	4 di 6

PROGETTO:	Scuole Parma
LOCALITA':	Parma (PR)

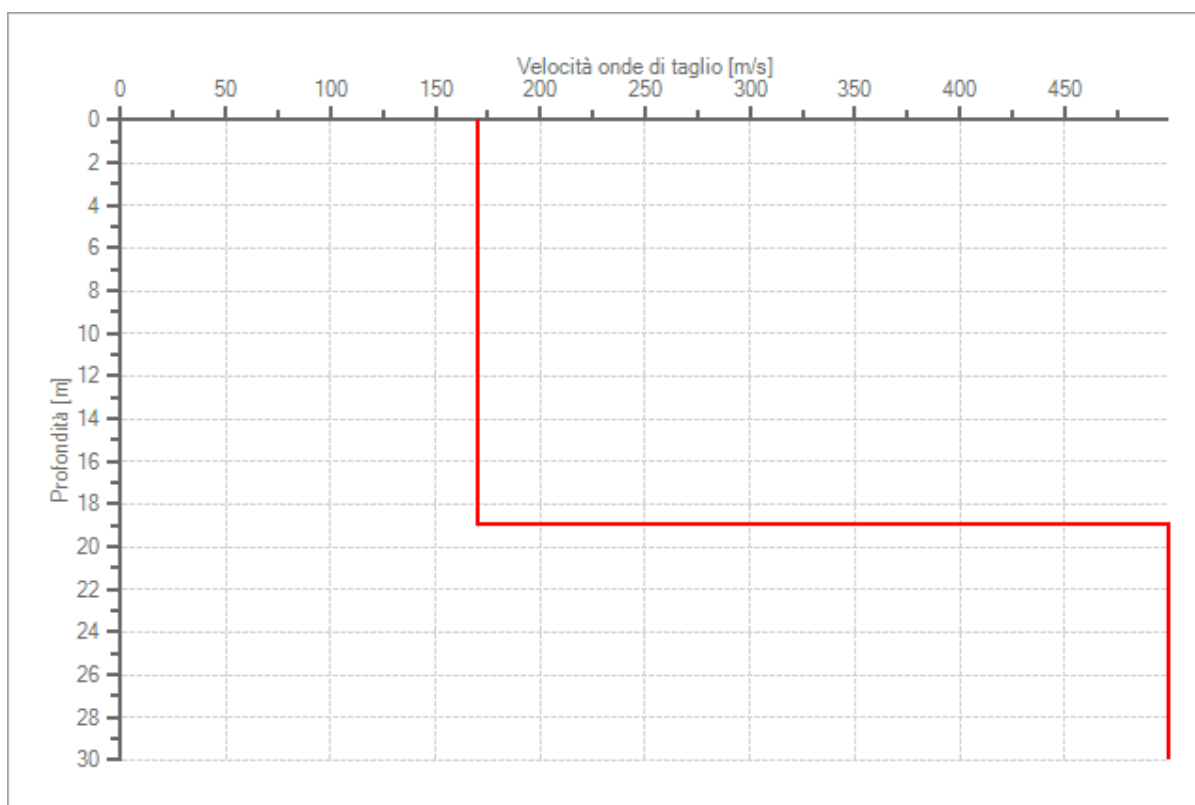
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 2
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 2.80 Hz
 Valore di disadattamento: -1.00
 Valore Vs30: **224.27 m/s**

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	19	18	0.3	170
2	19	11	19.5	0.35	500



PROFILO DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO

PROGETTO:	Scuole Parma
LOCALITA':	Parma (PR)

Verifica secondo le linee guida SESAME, 2005

Picco H/V a 2.70 ± 0.21 Hz (nell'intervallo 0.50– 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	OK	
$A_0 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK	

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

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



Comune di Parma
Provincia di Parma
Settore Lavori Pubblici, Manutenzioni e Sismica

**Interventi di adeguamento
normativo sismico, impiantistico
ed efficientamento energetico
del complesso scolastico "Malpeli"**

**ALLEGATO 3
PROVA SCPTU**

I Geologi:

Dott. Carlo Caleffi
Dott. Francesco Cerutti

Collaboratori:

Dott. Geol. Matteo Baisi
Dott. Ing. Giulia Mainardi



Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel-Fax 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: ENGELO S.r.l. - Via Suor Maria Adomi, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Indagini per la Microzonazione Sismica di III Livello del Comune di Parma - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

CPT N° SCPTU 05 PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60 sismocono G1 - CPL2IN

DATA 14-12-17 PREFORO (m da p.c.) 0.60

COMMESSA 17238/17 C. SITO N°: S170939 del 15-12-17

LAT. (WGS 84): 44.850655°

LONG. (WGS 84): 10.306900°

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
0.62	1.70	13.08	72.00	1.83	2.62	0.74	27.36	388.67	1.94	4.62	1.03	48.33	418.00	2.71	6.62	0.88	36.57	328.67	3.67	8.62	1.44	67.32	395.33	4.56
0.64	1.77	19.08	104.00	1.83	2.64	0.79	24.02	399.33	1.95	4.64	0.99	50.88	420.00	2.71	6.64	0.87	39.57	328.00	3.69	8.64	1.44	67.88	395.33	4.58
0.66	1.84	25.07	136.00	1.84	2.66	0.85	20.80	409.33	1.95	4.66	0.98	52.44	421.33	2.73	6.66	0.85	40.13	325.33	3.68	8.66	1.45	68.43	394.00	4.58
0.68	1.80	42.20	102.67	1.67	2.68	0.91	19.02	416.67	1.97	4.68	0.99	51.99	421.33	2.73	6.68	0.82	41.35	322.67	3.69	8.68	1.40	70.32	388.00	4.59
0.70	1.67	46.87	96.00	1.75	2.70	0.93	20.13	422.00	1.96	4.70	0.99	53.21	422.00	2.73	6.70	0.81	44.57	322.67	3.70	8.70	1.38	71.77	385.33	4.60
0.72	1.55	51.55	89.33	1.84	2.72	0.95	21.57	431.33	1.99	4.72	0.98	54.43	419.33	2.75	6.72	0.81	44.35	324.00	3.73	8.72	1.37	71.10	382.67	4.61
0.74	1.50	56.78	82.67	1.69	2.74	0.96	22.79	440.00	1.99	4.74	0.96	55.76	416.00	2.75	6.74	0.82	43.79	327.33	3.74	8.74	1.33	72.10	379.33	4.61
0.76	1.44	64.34	84.00	1.74	2.76	0.98	23.35	445.33	1.98	4.76	0.91	56.87	409.33	2.76	6.76	0.85	42.35	331.33	3.72	8.76	1.34	74.55	378.67	4.62
0.78	1.41	63.57	78.00	1.78	2.78	0.97	25.79	450.00	2.00	4.78	0.84	57.43	402.00	2.77	6.78	0.94	41.57	339.33	3.74	8.78	1.31	72.88	373.33	4.61
0.80	1.37	67.24	70.67	1.72	2.80	0.94	27.56	450.67	2.00	4.80	0.81	56.87	398.00	2.78	6.80	1.03	40.35	347.33	3.76	8.80	1.23	71.77	366.67	4.63
0.82	1.30	65.80	68.00	1.75	2.82	0.90	30.56	452.67	2.00	4.82	0.80	57.43	394.67	2.79	6.82	1.08	40.35	351.33	3.76	8.82	1.19	68.88	364.00	4.64
0.84	1.26	65.47	67.33	1.70	2.84	0.84	30.10	496.67	2.03	4.84	0.76	57.65	392.67	2.79	6.84	1.11	40.12	354.00	3.77	8.84	1.17	64.33	362.67	4.65
0.86	1.15	53.70	63.33	1.72	2.86	0.84	30.32	495.33	2.03	4.86	0.71	49.42	392.67	2.80	6.86	1.12	42.68	354.67	3.78	8.86	1.15	61.11	361.33	4.66
0.88	1.25	57.48	38.00	1.72	2.88	0.83	33.21	493.33	2.03	4.88	0.66	46.31	388.67	2.81	6.88	1.12	46.34	354.67	3.78	8.88	1.15	61.00	362.67	4.68
0.90	1.28	54.71	38.67	1.74	2.90	0.82	34.43	490.00	2.03	4.90	0.64	42.31	388.67	2.80	6.90	1.04	47.01	351.33	3.79	8.90	1.14	57.55	364.67	4.70
0.92	1.31	58.15	40.00	1.75	2.92	0.83	36.43	483.33	2.04	4.92	0.63	37.54	390.67	2.81	6.92	1.08	48.79	351.33	3.81	8.92	1.13	54.22	365.33	4.70
0.94	1.26	57.60	42.00	1.73	2.94	0.80	36.53	447.33	2.05	4.94	0.67	33.31	394.67	2.84	6.94	1.08	50.13	350.00	3.81	8.94	1.12	41.02	375.33	4.74
0.96	1.26	56.05	44.00	1.71	2.96	0.80	35.53	402.00	2.04	4.96	0.69	31.20	398.00	2.84	6.96	1.08	52.01	349.33	3.82	8.96	1.15	38.80	386.67	4.74
0.98	1.20	54.72	42.67	1.71	2.98	0.79	36.09	380.00	2.05	4.98	0.72	27.09	398.67	2.86	6.98	1.08	54.01	350.67	3.83	8.98	1.24	39.02	401.33	4.74
1.00	1.27	54.28	42.00	1.70	3.00	0.77	35.98	354.00	2.04	5.00	0.72	24.98	398.67	2.86	7.00	1.10	52.46	353.33	3.83	9.00	1.34	39.25	410.00	4.74
1.02	1.08	54.61	38.67	1.73	3.02	0.76	36.08	342.00	2.07	5.02	0.71	24.76	396.00	2.87	7.02	1.12	50.79	354.00	3.85	9.02	1.41	43.47	423.33	4.76
1.04	1.07	54.18	36.67	1.72	3.04	0.71	35.53	336.00	2.05	5.04	0.68	25.65	394.00	2.90	7.04	1.15	54.46	354.67	3.86	9.04	1.45	44.80	432.67	4.76
1.06	0.97	54.06	34.67	1.75	3.06	0.70	35.19	333.33	2.07	5.06	0.68	26.09	392.67	2.90	7.06	1.16	55.23	354.67	3.88	9.06	1.49	46.25	436.00	4.77
1.08	0.95	53.84	33.33	1.74	3.08	0.67	34.74	335.33	2.07	5.08	0.69	28.09	392.00	2.90	7.08	1.14	56.68	355.33	3.87	9.08	1.52	50.14	442.00	4.78
1.10	0.97	55.74	32.67	1.77	3.10	0.64	35.41	336.67	2.09	5.10	0.71	28.65	391.33	2.94	7.10	1.15	57.01	355.33	3.89	9.10	1.54	54.25	445.33	4.79
1.12	0.94	54.07	32.67	1.74	3.12	0.61	34.96	339.33	2.09	5.12	0.71	28.98	387.33	2.94	7.12	1.15	59.34	358.67	3.90	9.12	1.56	59.81	448.67	4.79
1.14	0.89	52.07	30.67	1.76	3.14	0.58	35.52	340.00	2.10	5.14	0.71	29.20	388.00	2.95	7.14	1.15	60.12	361.33	3.90	9.14	1.58	64.81	454.00	4.83
1.16	0.81	49.52	30.00	1.78	3.16	0.55	35.29	340.67	2.11	5.16	0.69	29.20	388.00	2.96	7.16	1.15	60.01	362.67	3.92	9.16	1.61	68.58	458.67	4.81
1.18	0.86	44.97	29.33	1.82	3.18	0.54	33.40	342.00	2.12	5.18	0.69	28.20	388.67	2.97	7.18	1.17	60.56	364.67	3.93	9.18	1.64	72.36	460.67	4.84
1.20	0.85	41.08	29.33	1.79	3.20	0.52	31.62	344.67	2.13	5.20	0.72	26.87	392.00	2.99	7.20	1.17	60.90	364.00	3.94	9.20	1.64	75.25	458.67	4.85
1.22	0.85	39.75	29.33	1.83	3.22	0.51	29.40	342.00	2.13	5.22	0.80	26.32	393.33	2.99	7.22	1.15	62.12	365.33	3.92	9.22	1.66	78.81	460.67	4.83
1.24	0.96	39.52	30.67	1.78	3.24	0.49	26.84	325.33	2.13	5.24	0.85	25.32	405.33	2.99	7.24	1.16	61.78	366.67	3.96	9.24	1.65	82.14	462.00	4.86
1.26	1.01	39.97	32.67	1.77	3.26	0.45	25.06	303.33	2.15	5.26	0.90	25.54	407.33	3.01	7.26	1.19	60.67	368.00	3.97	9.26	1.65	83.91	461.33	4.87
1.28	1.02	38.31	34.00	1.79	3.28	0.41	23.28	284.67	2.15	5.28	0.91	26.32	408.67	3.01	7.28	1.20	62.11	369.33	3.97	9.28	1.64	87.03	462.00	4.87
1.30	1.08	36.31	36.67	1.79	3.30	0.39	22.39	270.67	2.17	5.30	0.93	28.21	410.67	3.02	7.30	1.19	63.56	369.33	3.96	9.30	1.68	86.91	460.00	4.89
1.32	1.24	30.67	40.67	1.64	3.32	0.36	21.50	262.67	2.17	5.32	1.00	31.24	416.67	3.00	7.32	1.20	64.89	370.00	3.98	9.32	1.64	92.91	458.00	4.90
1.34	1.28	35.45	42.00	1.62	3.34	0.34	20.28	262.67	2.18	5.34	1.03	33.57	350.67	3.03	7.34	1.21	67.78	370.00	4.00	9.34	1.63	93.80	456.00	4.89
1.36	1.43	39.78	44.00	1.65	3.36	0.33	19.27	267.33	2.18	5.36	1.03	36.79	353.33	3.03	7.36	1.21	68.33	370.00	4.01	9.36	1.58	93.69	450.00	4.90
1.38	1.58	44.12	46.00	1.67	3.38	0.33	17.16	270.67	2.18	5.38	1.02	40.24	354.67	3.05	7.38	1.21	71.44	368.00	4.01	9.38	1.50	94.79	442.67	4.91
1.40	1.49	46.00	46.00	1.64	3.40	0.32	15.05	272.67	2.20	5.40	1.03	42.24	358.00	3.05	7.40	1.21	73.33	365.33	4.02	9.40	1.45	93.02	438.00	4.93
1.42	1.43	44.11	42.67	1.66	3.42	0.30	13.38	272.67	2.22	5.42	1.02	45.23	357.33	3.07	7.42	1.19	75.22	362.67	4.04	9.42	1.43	88.35	432.67	4.94
1.44	1.52	49.78	47.33	1.64	3.44	0.30	12.16	276.00	2.22	5.44	1.00	48.46	358.00	3.06	7.44	1.17	75.77	360.67	4.05	9.44	1.37	86.24	427.33	4.93
1.46	1.35	49.89	51.33	1.67	3.46	0																		



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: ENGE S.r.l. - Via Suor Maria Adomi, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Indagini per la Microzonazione Sismica di III Livello del Comune di Parma - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

CPT N° SCPTU 05 PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60 sismocono G1 - CPL2IN

DATA 14-12-17 PREFORO (m da p.c.) 0.60

LAT. (WGS 84): 44.850655°

COMMESSA 17238/17 C. SITO N°: S170939 del 15-12-17

LONG. (WGS 84): 10.306900°

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
10.62	1.55	65.39	545.33	5.57	12.62	1.47	65.69	478.67	6.41	14.62	2.09	114.29	798.00	7.13	16.62	1.81	81.28	473.33	7.96	18.62	0.96	15.08	496.67	8.95
10.64	1.51	65.06	536.00	5.57	12.64	1.39	64.92	482.00	6.42	14.64	2.18	107.73	826.67	7.17	16.64	1.81	80.05	464.67	7.96	18.64	1.00	14.97	504.00	8.97
10.66	1.42	66.28	526.00	5.61	12.66	1.40	61.25	494.67	6.42	14.66	2.10	99.28	815.33	7.19	16.66	1.76	82.17	460.00	7.96	18.66	1.00	15.42	508.67	8.95
10.68	1.33	66.17	514.00	5.61	12.68	1.46	55.69	510.00	6.41	14.68	2.04	94.39	796.00	7.18	16.68	1.75	81.06	456.67	7.98	18.68	0.94	15.31	510.00	8.98
10.70	1.25	63.72	502.00	5.61	12.70	1.44	52.81	512.00	6.42	14.70	1.84	81.94	764.67	7.20	16.70	1.71	78.61	450.67	7.97	18.70	0.90	15.09	516.00	8.99
10.72	1.19	62.39	489.33	5.62	12.72	1.40	48.92	514.00	6.43	14.72	1.80	81.27	760.00	7.21	16.72	1.69	78.17	453.33	8.02	18.72	0.91	13.20	532.67	9.00
10.74	1.09	64.39	480.67	5.63	12.74	1.39	45.25	509.33	6.44	14.74	1.68	80.27	762.00	7.24	16.74	1.72	76.39	456.67	8.03	18.74	0.95	12.32	546.00	9.00
10.76	1.05	63.61	477.33	5.63	12.76	1.34	42.25	508.67	6.43	14.76	1.74	72.60	798.67	7.24	16.76	1.74	78.50	456.00	8.04	18.76	0.97	13.32	550.00	9.03
10.78	1.02	60.39	473.33	5.65	12.78	1.35	40.81	512.00	6.43	14.78	1.90	67.49	858.00	7.25	16.78	1.72	77.95	451.33	8.06	18.78	0.97	14.43	549.33	9.04
10.80	1.00	57.49	472.00	5.66	12.80	1.33	39.59	498.00	6.43	14.80	2.12	64.38	922.00	7.25	16.80	1.70	78.39	446.00	8.07	18.80	0.96	15.21	545.33	9.04
10.82	1.00	54.27	474.67	5.69	12.82	1.27	40.36	491.33	6.44	14.82	2.23	55.71	938.67	7.26	16.82	1.67	80.83	445.33	8.06	18.82	0.94	15.43	532.00	9.06
10.84	1.05	55.60	480.67	5.67	12.84	1.21	45.92	488.00	6.43	14.84	2.30	49.93	931.33	7.29	16.84	1.65	80.84	450.00	8.09	18.84	0.96	16.54	537.33	9.08
10.86	1.10	51.71	483.33	5.69	12.86	1.21	42.70	496.67	6.44	14.86	2.30	52.05	896.00	7.29	16.86	1.66	81.06	460.00	8.08	18.86	1.02	17.55	558.00	9.11
10.88	1.12	48.15	484.00	5.71	12.88	1.24	39.71	504.67	6.45	14.88	2.29	58.49	851.33	7.31	16.88	1.71	80.17	482.00	8.11	18.88	1.08	17.88	570.67	9.11
10.90	1.12	47.15	483.33	5.71	12.90	1.27	36.82	519.33	6.46	14.90	2.28	69.16	807.33	7.31	16.90	1.78	78.84	506.67	8.13	18.90	1.12	19.11	572.00	9.10
10.92	1.13	47.27	483.33	5.73	12.92	1.35	34.71	535.33	6.46	14.92	2.22	83.50	784.00	7.31	16.92	1.88	74.50	524.00	8.13	18.92	1.13	20.66	567.33	9.12
10.94	1.13	47.04	483.33	5.73	12.94	1.44	34.37	552.00	6.47	14.94	2.17	94.83	758.67	7.30	16.94	1.94	71.50	526.67	8.16	18.94	1.13	22.00	563.33	9.12
10.96	1.21	52.61	469.33	5.75	12.96	1.54	34.38	576.67	6.48	14.96	2.17	106.39	738.00	7.32	16.96	1.98	72.39	520.67	8.16	18.96	1.14	21.89	556.67	9.15
10.98	1.21	55.72	471.33	5.76	12.98	1.63	32.27	600.00	6.50	14.98	2.12	115.61	722.67	7.33	16.98	1.98	75.18	520.00	8.15	18.98	1.15	24.33	550.67	9.15
11.00	1.23	56.83	472.67	5.78	13.00	1.86	27.96	670.00	6.50	15.00	2.04	116.61	704.00	7.33	17.00	1.96	75.29	514.00	8.17	19.00	1.15	26.00	552.67	9.18
11.02	1.24	52.39	469.33	5.77	13.02	1.91	32.96	674.00	6.51	15.02	1.98	122.38	696.00	7.34	17.02	1.88	78.29	512.00	8.17	19.02	1.16	24.89	600.00	9.20
11.04	1.27	53.05	469.33	5.77	13.04	1.95	37.96	678.00	6.52	15.04	1.81	111.51	633.33	7.33	17.04	1.89	82.73	510.00	8.20	19.04	1.20	27.34	594.67	9.20
11.06	1.34	53.17	472.67	5.79	13.06	1.87	40.52	666.00	6.54	15.06	1.81	105.18	626.67	7.33	17.06	1.82	85.95	506.67	8.20	19.06	1.24	29.78	589.33	9.19
11.08	1.42	57.39	480.00	5.80	13.08	1.84	43.41	660.00	6.55	15.08	1.70	102.95	624.00	7.36	17.08	1.79	80.08	553.33	8.21	19.08	1.02	28.12	563.33	9.24
11.10	1.51	61.61	487.33	5.82	13.10	1.84	45.74	661.33	6.54	15.10	1.71	95.17	622.67	7.37	17.10	1.76	83.41	542.67	8.21	19.10	1.02	28.78	571.33	9.29
11.12	1.58	60.39	496.67	5.81	13.12	1.91	47.07	680.67	6.57	15.12	1.72	87.95	624.00	7.38	17.12	1.72	79.75	540.00	8.24	19.12	1.03	28.56	574.67	9.28
11.14	1.60	59.72	498.00	5.82	13.14	1.94	47.63	700.00	6.58	15.14	1.77	81.39	626.67	7.41	17.14	1.72	76.63	537.33	8.24	19.14	1.03	28.34	579.33	9.29
11.16	1.64	60.17	497.33	5.82	13.16	1.90	45.07	698.00	6.59	15.16	1.77	76.94	626.67	7.41	17.16	1.67	76.30	524.00	8.26	19.16	1.07	27.23	576.67	9.30
11.18	1.65	63.61	490.67	5.81	13.18	1.81	43.18	700.00	6.59	15.18	1.90	80.28	636.67	7.41	17.18	1.64	75.41	515.33	8.28	19.18	1.04	29.12	568.00	9.31
11.20	1.63	68.39	486.00	5.82	13.20	1.73	41.30	702.00	6.59	15.20	2.00	83.28	646.00	7.44	17.20	1.61	74.51	506.67	8.29	19.20	1.00	26.89	567.33	9.32
11.22	1.59	71.61	479.33	5.83	13.22	1.82	41.52	752.00	6.61	15.22	1.98	74.16	642.67	7.44	17.22	1.49	73.52	496.67	8.29	19.22	1.01	22.78	590.00	9.33
11.24	1.58	77.83	479.33	5.84	13.24	1.82	40.40	766.67	6.61	15.24	1.97	65.05	639.33	7.44	17.24	1.49	70.18	499.33	8.29	19.24	1.04	19.89	600.00	9.34
11.26	1.52	82.27	476.67	5.85	13.26	1.79	41.51	768.00	6.61	15.26	2.13	82.61	655.33	7.46	17.26	1.47	65.74	498.00	8.29	19.26	1.09	16.56	618.67	9.35
11.28	1.47	84.27	476.00	5.86	13.28	1.76	42.63	769.33	6.62	15.28	2.12	82.72	653.33	7.46	17.28	1.45	61.74	498.00	8.31	19.28	1.15	15.23	635.33	9.37
11.30	1.40	81.05	472.00	5.86	13.30	1.75	45.07	782.67	6.61	15.30	2.16	82.83	650.00	7.48	17.30	1.46	57.30	498.00	8.32	19.30	1.21	15.34	654.00	9.38
11.32	1.41	78.16	472.67	5.88	13.32	1.77	42.63	816.00	6.62	15.32	2.20	92.49	646.67	7.49	17.32	1.45	52.74	495.33	8.33	19.32	1.32	16.45	693.33	9.39
11.34	1.40	75.27	474.67	5.87	13.34	1.83	40.51	834.00	6.62	15.34	2.25	99.82	646.67	7.50	17.34	1.42	50.63	490.00	8.32	19.34	1.57	17.67	744.67	9.40
11.36	1.36	69.93	482.00	5.91	13.36	1.88	40.40	846.67	6.63	15.36	2.23	98.82	635.33	7.51	17.36	1.35	48.30	482.00	8.34	19.36	1.76	24.56	764.00	9.46
11.38	1.40	64.04	486.00	5.90	13.38	1.83	39.85	825.33	6.61	15.38	2.25	107.05	633.33	7.50	17.38	1.29	46.63	476.67	8.35	19.38	7.56	142.92	257.33	10.01
11.40	1.35	61.60	488.00	5.92	13.40	1.71	40.18	785.33	6.64	15.40	2.25	110.71	632.00	7.50	17.40	1.23	45.19	476.67	8.36	19.40	10.03	154.37	142.00	10.90
11.42	1.35	58.26	486.67	5.91	13.42	1.54	44.40	756.00	6.63	15.42	2.35	111.49	638.67	7.49	17.42	1.23	43.52	482.00	8.36	19.42	10.57	219.13	244.00	11.57
11.44	1.32	57.04	484.67	5.93																				

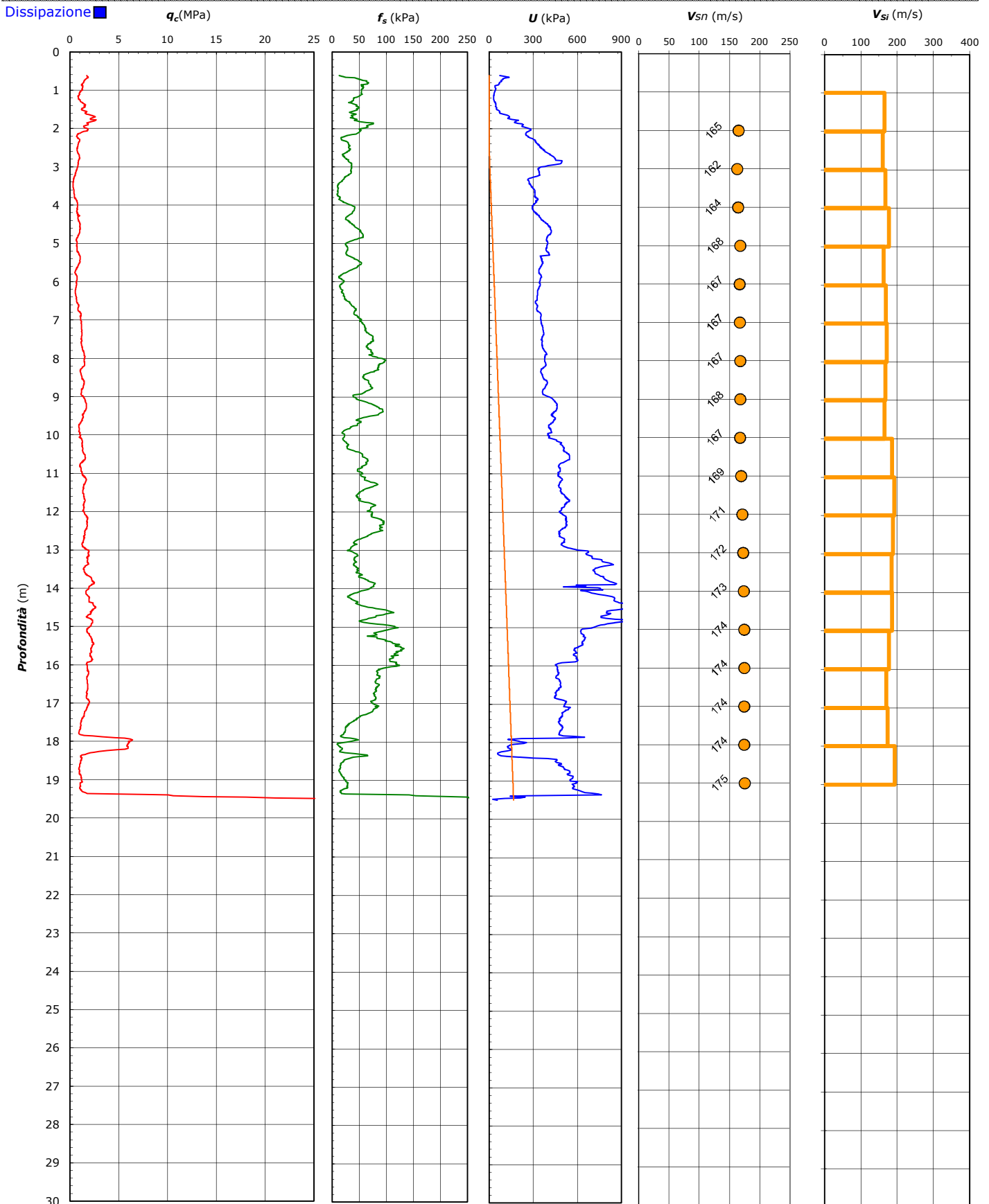
COMMITTENTE: ENGEO S.r.l - Via Suor Maria Adomi, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Indagini per la Microzonazione Sismica di III Livello del Comune di Parma - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

CPT N° SCPTU 05 PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60 sismocono G1 - CPL2IN

DATA 14-12-17 PREFORO (m da p.c.) 0.60 LAT. (WGS 84): 44.850655°

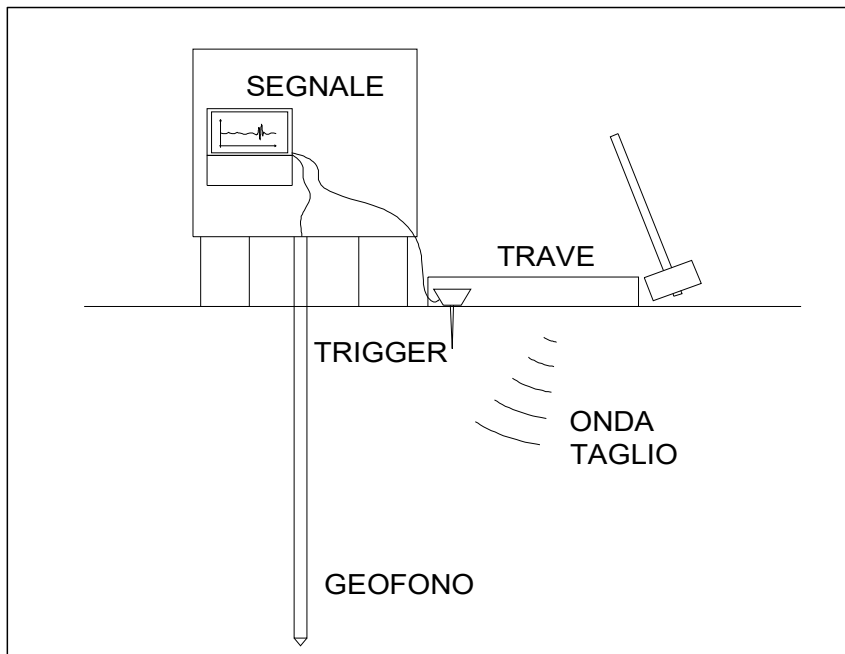
COMMESSA 17238/17 C. SITO N°: S170939 del 15-12-17 LONG. (WGS 84): 10.306900°



COMMITTENTE: ENGEO S.r.l - Via Suor Maria Adomi, 2 - 43121 Parma

CANTIERE: Indagini per la Microzonazione Sismica di III Livello del Comune di Parma - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)
CPT N° SCPTU 05 PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60 sismocono G1 - CPL2IN
DATA 14-12-17 PREFORO (m da p.c.) 0.60 LAT. (WGS 84): 44.850655°
COMMESSA 17238/17 C. SITO N°: S170939 del 15-12-17 LONG. (WGS 84): 10.306900°

Prova Down Hole ASTM D 7400



Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.41	-	-
2.0	5.03	2.24	165	165
3.0	10.77	3.16	162	160
4.0	16.51	4.12	164	167
5.0	22.03	5.10	168	178
6.0	28.05	6.08	167	163
7.0	33.92	7.07	167	169
8.0	39.71	8.06	167	171
9.0	45.66	9.06	168	168
10.0	51.65	10.05	167	165
11.0	57.03	11.05	169	186
12.0	62.17	12.04	171	193
13.0	67.47	13.04	172	189
14.0	72.89	14.04	173	185
15.0	78.21	15.03	174	186
16.0	83.85	16.03	174	177
17.0	89.72	17.03	174	170
18.0	95.46	18.03	174	174
19.0	100.61	19.03	175	194

D = Distanza centro trave generatrice onde di taglio - verticale di prova m = 1.00
Profondità = Profondità punta da piano campagna
Ts = Tempo percorrenza onda di taglio
L = Lunghezza percorso onda di taglio
Vs = Velocità onde di taglio da piano campagna alla profondità indicata m
Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate

COMMITTENTE: **ENGEO S.r.l - Via Suor Maria Adomi, 2 - 43121 Parma**

CANTIERE: Indagini per la Microzonazione Sismica di III Livello del Comune di Parma - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)

CPT N°	SCPTU 05	PROF. FALDA (m da p.c.)	2.60	sismocono G1 - CPL2IN
DATA	14-12-17	PREFORO (m da p.c.)	0.60	LAT. (WGS 84): 44.850655°
COMMESSA	17238/17	C. SITO N°:	S170939 del 15-12-17	LONG. (WGS 84): 10.306900°

UBICAZIONE

Località: Indagini per la Microzonazione Sismica di III Livello del Comune di Parma - Via F. Cornacchia - Baganzola (PR)



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova