



Finanziato
dall'Unione Europea
Next Generation EU

COMUNE DI ALSENO
Provincia di
Piacenza



PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA - PNRR

Finanziato dall'Unione Europea Next Generation EU

MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido all'università
Investimento 1.2 "Piano di estensione del tempo pieno e mense"

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

REALIZZAZIONE NUOVA MENSA SCUOLA SECONDARIA ALSENO

Via Dante Alighieri 1 - ALSENO

CUP E95E22000450001

(ISTITUTO COMPRENSIVO CASTELL'ARQUATO)



il progettista

P.P.V



Dott. Ing. Bonati Silvio

Aerre
P&L
engineering

Società di ingegneria
Str. Cavagnari, 10 - 43126 PARMA - Italy
Tel. 0521/986773 Fax 0521/988836
info@aierre.com

il Responsabile Unico del Procedimento:

ing. Mario Provenzano

COMUNE DI ALSENO
Piazza XX Aprile, 1 - 29010 Alseno - Italy
Riferimenti utili per contatti
lavori-pubblici@comune.alseno.pc.it
comune.alseno@sintranet.legalmail.it
tel.0523/945510-0523/915523

Consulenza impianto elettrico e meccanico:

Consulenza in materia acustica:

OGGETTO

B - GEOLOGIA

ELABORATO N°

B.1

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA-SISMICA

SCALA

DATA

03.06.2023

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
rev. 0	03.06.2023	emissione	Corbelli	Corbelli	Corbelli
rev. 1					
rev. 2					
rev. 3					
rev. 4					

Il presente elaborato è tutelato dalle leggi sul diritto d'autore. E' fatto divieto a chiunque di riprodurlo anche in parte se non per fini autorizzati.

COMUNE DI ALSENSO

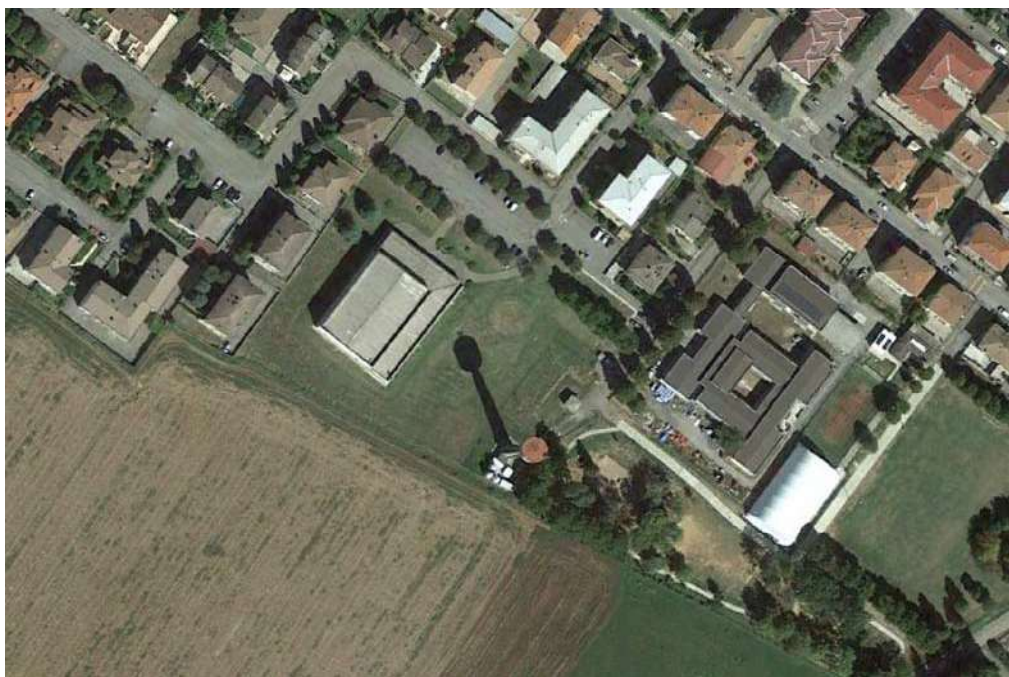
PROVINCIA DI PIACENZA

**Realizzazione nuova mensa scolastica secondaria Alseno -
Finanziato in parte dall'Unione Europea "NEXTGENERATION EU
M4C1" – Intervento 1.2. - CUP E95E22000450001 CIG 9697604BF9**



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA



Committente :



COMUNE DI ALSENO
Piazza XXV Aprile, 1
29010 Alseno (PC)

Data :

marzo 2023

Aggiornamento :

A cura di :



Studio Geologico Ambientale

Dr. Geol. GABRIELE CORBELLI

Corso Garibaldi, 80 - 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC)

Tel. 0523/944096 - Fax 0523-944096

E-mail: geo.corbelli@tiscali.it



INDICE

1 - PREMESSA.....	2
2 - QUADRO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO	3
3 - SISMICITA DELL'AREA.....	11
3.1 Inquadramento sismotettonico.....	11
3.2 Zonazione sismogenetica.....	14
3.3 Sismicità storica	16
3.4 Effetti sismici locali	18
4 - METODOLOGIA DELLE INDAGINI PENETROMETRICHE	23
5 - MODELLO GEOLOGICO- GEOTECNICO	25
6 - CARATTERISTICHE DINAMICHE DEL SUOLO)	27
7 - AZIONE SISMICA SECONDO N.T.C.....	28
7.1 Verifiche liquefazione	30
8 - CONCLUSIONI	34

Allegati :

ALL. 1 – COROGRAFIA , scala 1:2.000

ALL. 2 – UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOFISICHE , scala 1:500

ALL. 3 - DOCUMENTAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

ALL. 4 – DOCUMENTAZIONE PROVA MASW

1 - PREMESSA

Nella presente relazione vengono riferiti i risultati dell'indagine di carattere geologico, sismico e geotecnico a supporto del Progetto di realizzazione nuova mensa a servizio della Scuola Secondaria di Alseno sita in Via Dante Alighieri.

L'indagine, condotta ai sensi delle indicazioni contenute nel D.M. 17/01/18 "Norme Tecniche per le Costruzioni, è stata rivolta alla definizione dei seguenti aspetti:

- a) *geologia del substrato;*
- b) *caratteristiche geomorfologiche, anche in relazione alle condizioni di stabilità dell'area;*
- c) *caratteristiche idrogeologiche del territorio, in relazione alle escursioni della falda freatica;*
- d) *condizioni di drenaggio superficiale e rischio di esondazione;*
- e) *individuazione, almeno di larga massima, di aree in cui siano presenti terreni con caratteristiche portanti scadenti (torbe, limi, sabbie non compatte sature d'acqua, ecc.);*
- f) *valutazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni di imposta delle fondazioni della costruzione in oggetto ed all'accertamento dei terreni saturi entro la profondità di indagine*
- g) *prima caratterizzazione "sismica" dei terreni di fondazione in funzione della determinazione della velocità delle onde di taglio media nei primi 30 metri di sottosuolo (Vs30).*
- h) *verifiche rischio liquefazione.*

Le rilevazioni in situ, la cui distribuzione è rappresentata nelle planimetrie allegate (ALL. 2), sono consistite, in ottemperanza a quanto previsto dal Disciplinare di incarico, nell'esecuzione delle seguenti indagini :

- n°3 prove penetrometriche stitiche CPT e dinamiche S.C.P.T. spinte fino alla profondità massima di circa 10,00 m. dal p.c.
- n°1 stendimento MASW per determinazione Vs30.

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite è stata operata una valutazione litologica dei principali orizzonti individuati, al fine di ricavare un quadro il più completo possibile dei parametri geotecnici necessari per le valutazioni strutturali previste.

2 - QUADRO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO

La zona oggetto di indagine ricade, nel settore meridionale dell'abitato di Alseno, compresa tra la sede della Scuola Primaria di Via Dante Alighieri e la Palestra comunale.

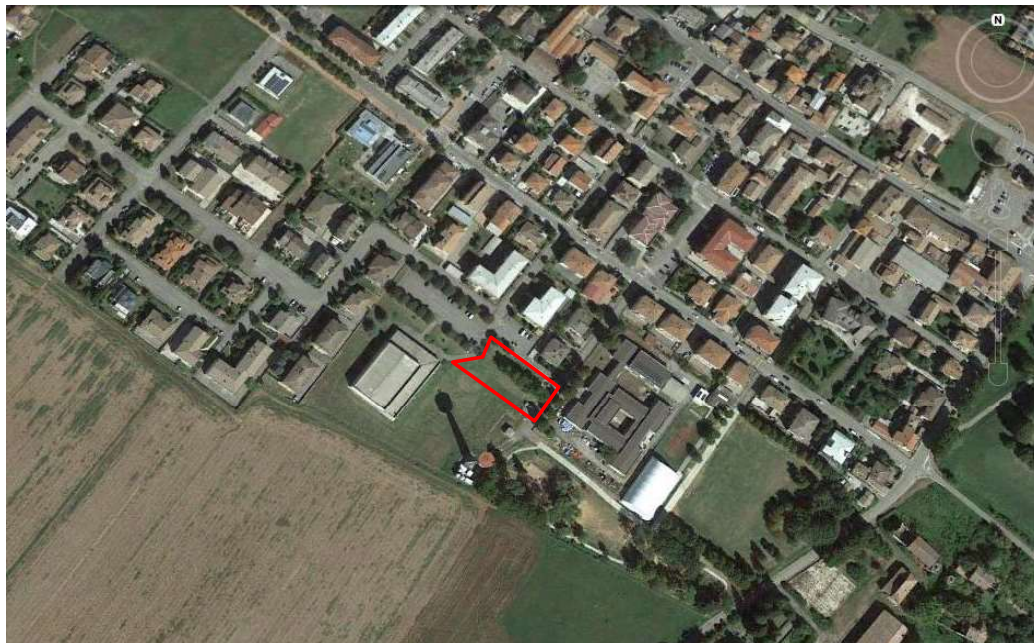


Figura 1 - Immagine satellitare area di intervento

La morfologia dell'area indagata, posta ad una quota di circa 83 m. s.l.m., presenta andamento subpianeggiante, debolmente vergente verso nord-est.

Dal punto di vista geologico, essa si sviluppa su di un ampio e piatto ripiano di origine fluviale, costituito dai depositi alluvionali di conoide riferibili al Subsistema di Villa Verrucchio, Unità di Vignola AES7b della Carta Geologica redatta dal Servizio Geologico Regionale.

La composizione litologica del ripiano in questione, facente parte della cosiddetta "Alta Pianura", risulta sostanzialmente formata da ghiaie sabbiose, sabbie e limi, in lenti a sviluppo irregolare con tipica struttura incrociata, con coltre limoso-argillosa discontinua.

Dal punto di vista geolitologico, tutta la zona è caratterizzata dalla presenza di depositi di origine fluviale relativi al settore mediano-distale del paleoconoide del T.Arda; trattasi di depositi a grana molto variabile distribuiti in maniera discontinua dalle variazioni di regime idrico e di percorso del T.Arda, dovuti ad antichi processi di tracimazioni e di rotte fluviali che hanno portato alla deposizione di corpi sedimentari a giacitura suborizzontale ed a geometria lenticolare o nastriforme.

Per quanto riguarda la profondità dei terreni saturi, nel corso delle prove non è stata rilevata presenza d'acqua entro la profondità indagata di 10 m dal piano campagna attuale; sulla base delle informazioni disponibili, quali il rilievo freaticometrico eseguito per la Relazione Geologica a corredo del P.A.E. di Alseno, di cui si riporta una rielaborazione nella Figura 3,

la locale falda freatica era stata registrata ad una quota di 76 m s.l.m., corrispondenti ad una soggiacenza di circa 8 m dal p.c.

Si segnala che l'area di intervento risulta esterna alla zona di rispetto del pozzo acquedottistico di Via come si evidenzia dall'estratto della tavola 7 Tutele Ambientali del PSC.

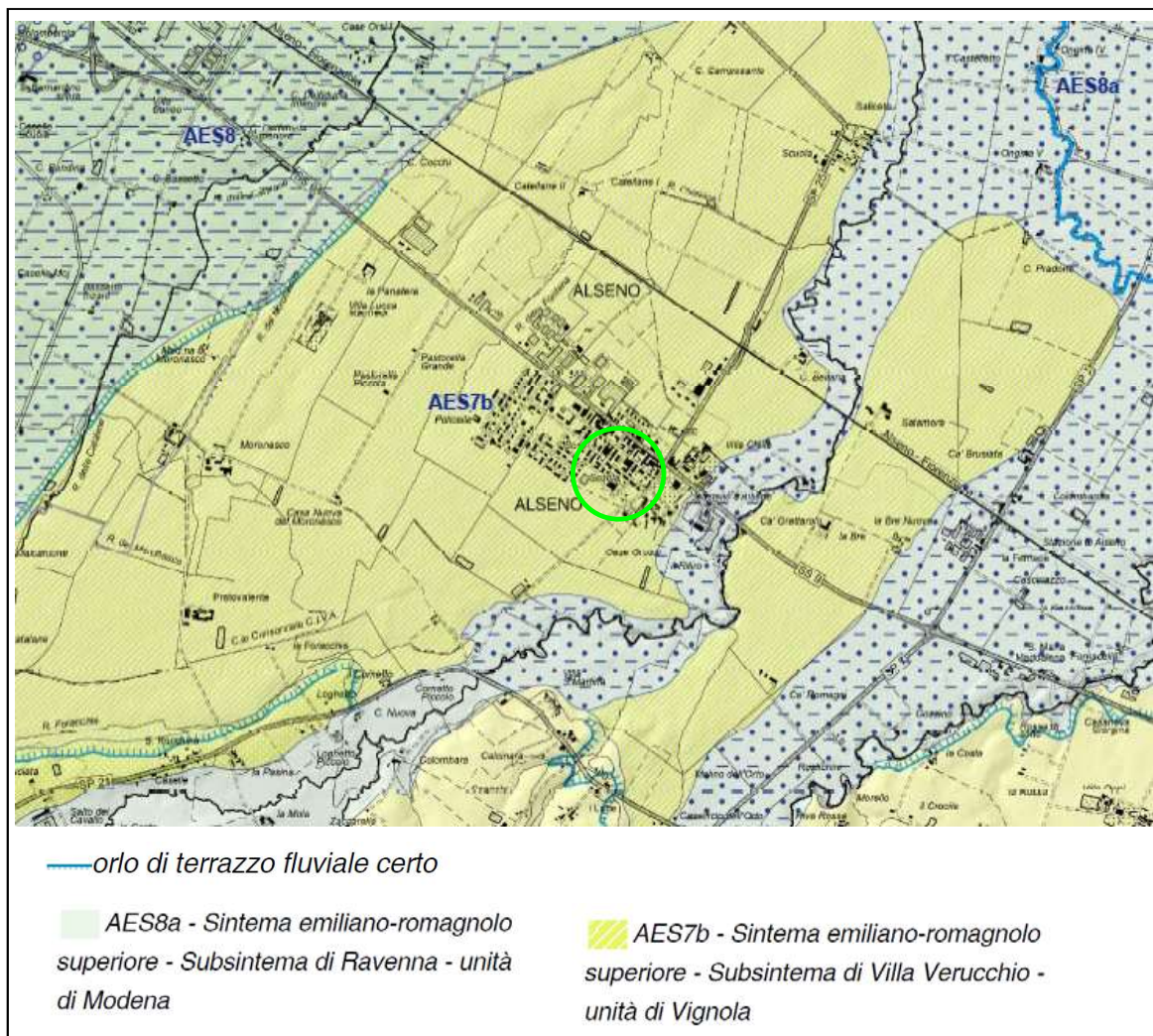


Figura 2 - Inquadramento geologico

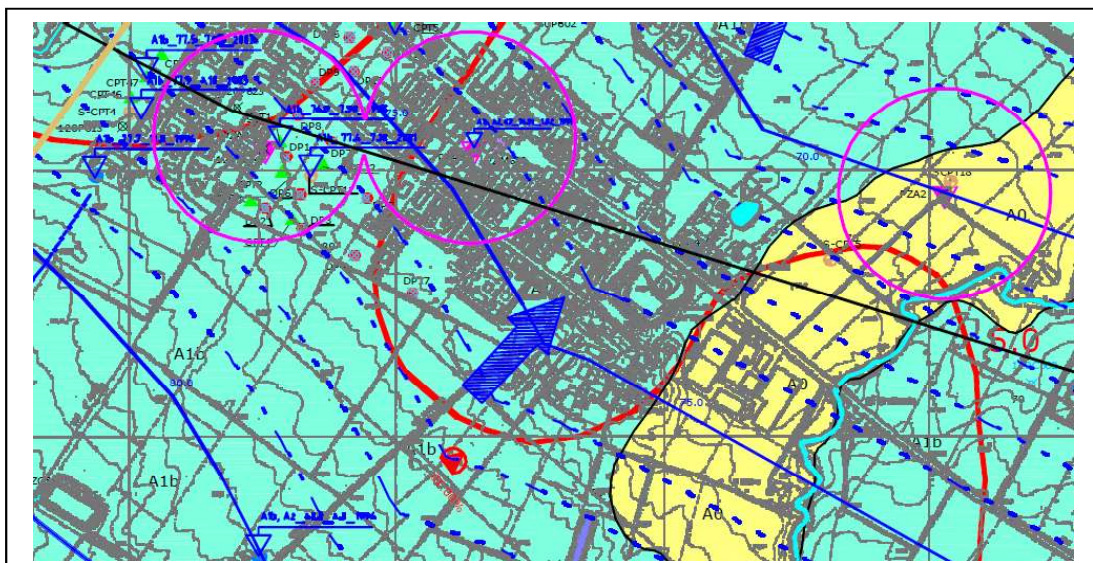


Figura 3 - Inquadramento idrogeologico (da PAE Alseno)

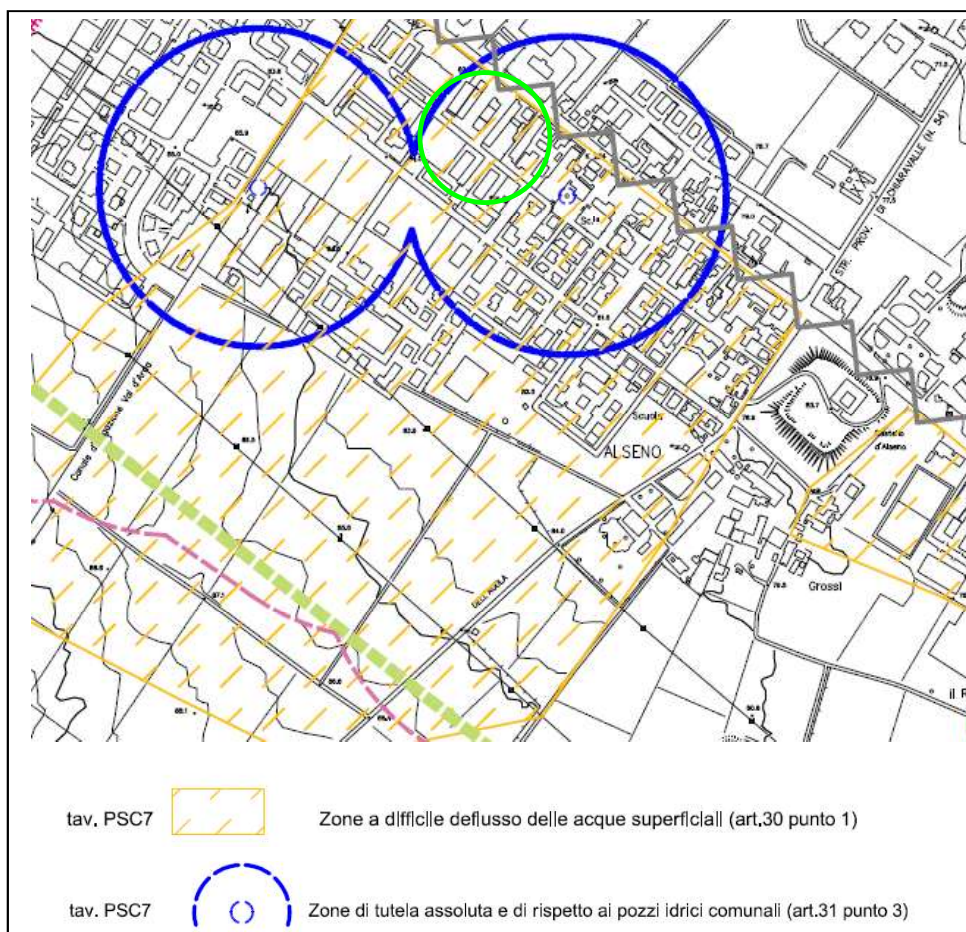


Figura 4 - Estratto Tavola 7 PSC – Tutele ambientali

Nella stessa tavola si evidenzia come il settore investigato ricada nelle Zone a deflusso difficile delle acque meteoriche (art. 30 punto 1 delle Norme di PSC), connessa ad episodi di allagamento derivati dalla rete di scolo posta a monte dell'abitato di Alseno, in occasione di eventi meteorici eccezionali.

Relativamente all'idrografia locale, l'area indagata appare interessata da un reticolato di canali aventi funzione mista irrigua-colatizia, gestiti dal Consorzio di Bonifica di Piacenza; in particolare si segnala il Canale diversivo di Alseno posto circa a 400 m a monte dell'area investigata, con scarico nel rio Grattarolo, oltre al canale di gronda realizzato immediatamente a monte dell'abitato di Alseno scaricante verso est, in direzione della S.C. dell'Agola.

Per quanto concerne il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PRGA) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, le perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica relative al Reticolo Principale (Torrente Ongina) ed al Reticolo Secondario di Pianura non interessano il settore investigato.

Sono segnalati sopradici fenomeni di allagamento connessi ad eventi meteorici di carattere eccezionale con formazione di una lama d'acqua di entità ridotta, determinati dalle acque di scolo degli appezzamenti agricoli posti a monte dell'abitato di Alseno.



Figura 5 - Vista del canale di gronda a monte della zona degli impianti sportivi e scuole di Alseno

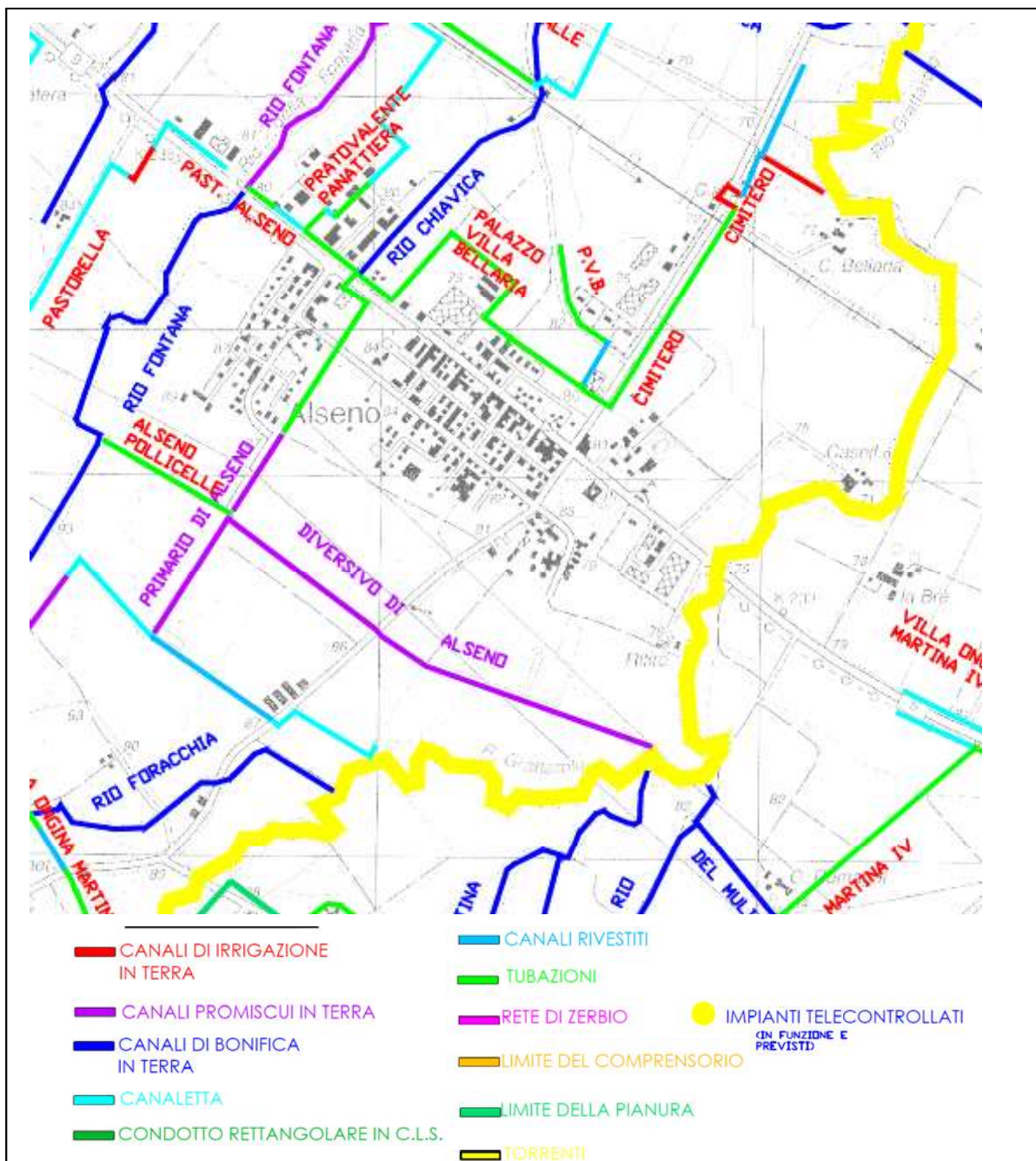


Figura 6 - Estratto TAV. QC-B12 "Carta idrografica e dell'emendabilità"

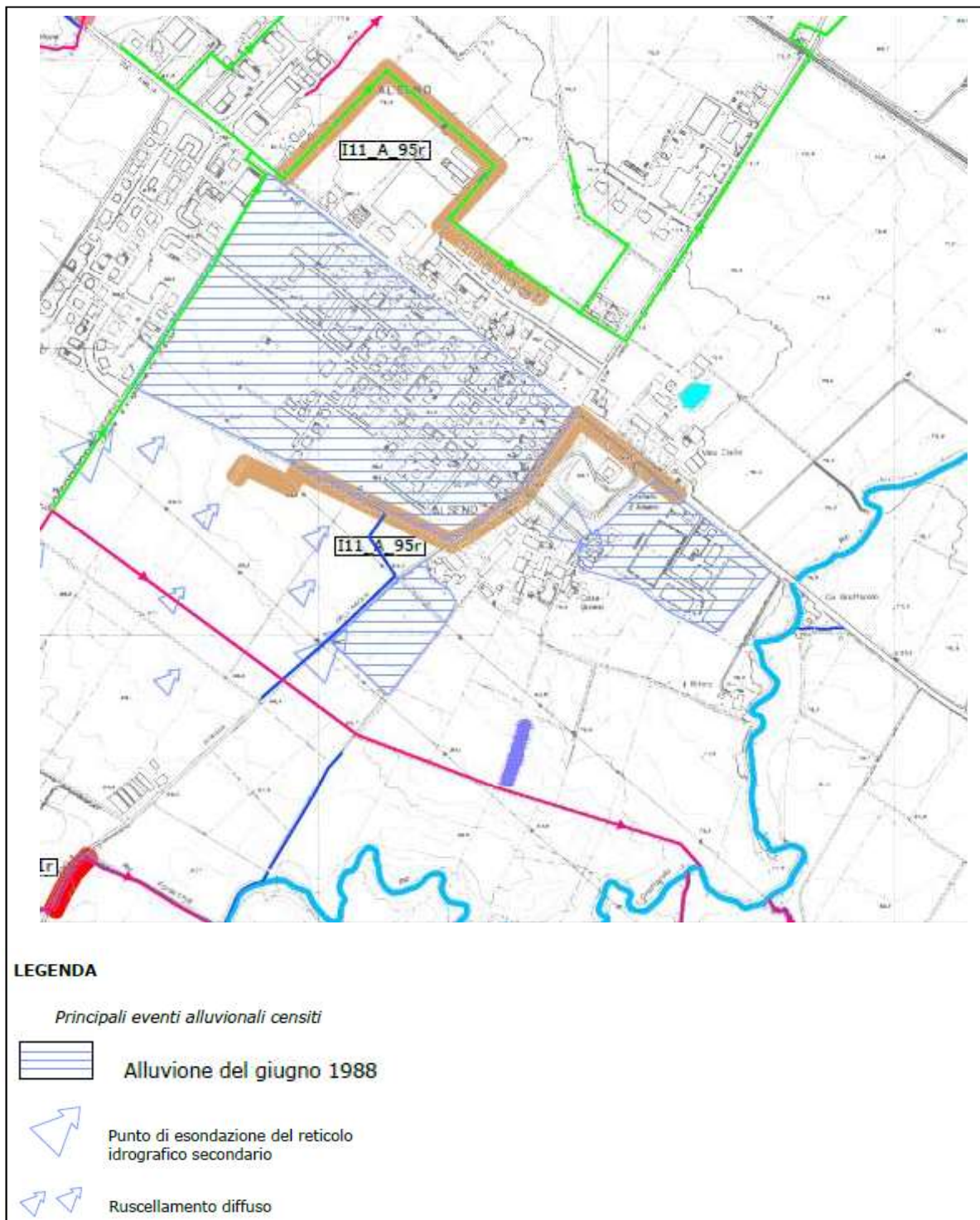


Figura 7 - Estratto TAV. QC-B12 "Carta idrografica e dell'emendabilità"

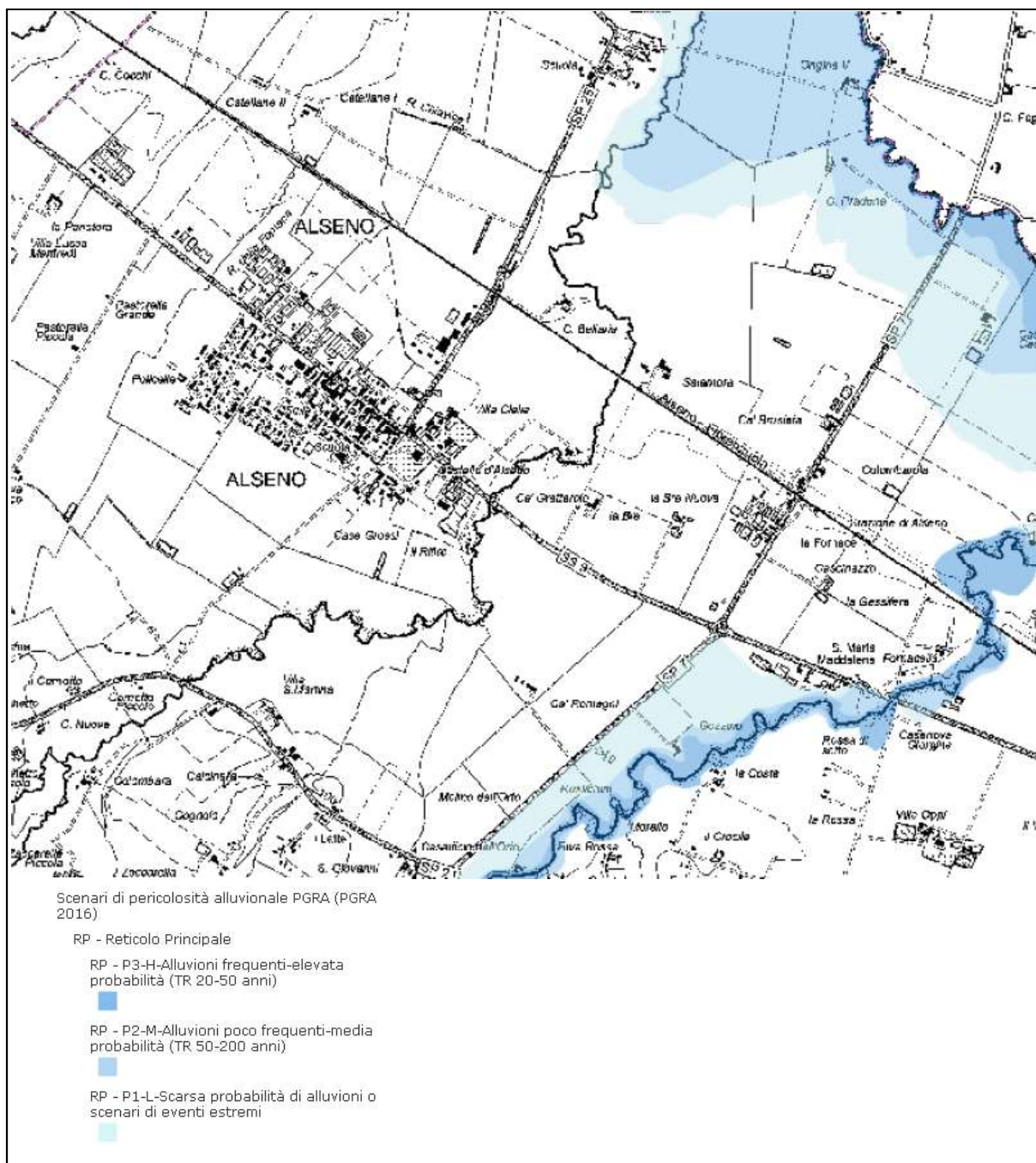


Figura 8 - Estratto Carta pericolosità Reticolo Principale - PGRA

3 - SISMICITA DELL'AREA

3.1 Inquadramento sismotettonico

La sintesi delle attuali conoscenze in termini di dati sismologici e degli elementi strutturali attivi è stata sintetizzata nella nuova Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, presentata nel 2017 a cura del Servizio Sismico e dei Suoli regionale, di cui si riporta uno stralcio nella Figura 10.

In questo lavoro sono state identificate, sulla base di evidenze geologiche e morfologiche, le principali strutture attive¹ che interessano l'Emilia-Romagna, la cui sintesi è riportata in figura 12.

L'Appennino è una catena a thrusts che si è strutturata principalmente in età neogenica, ma che mostra morfologie estremamente giovani, evidenze di sollevamenti recenti e una costante sismicità, che testimoniano come il processo di costruzione della catena sia ancora attivo.

Le maggiori evidenze di strutture attive, sia da profili sismici che da osservazioni di campagna, sono state rilevate nel settore del margine appenninico compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane tra Piacenza e Reggio Emilia e al tetto della dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio.

Negli affioramenti lungo il margine piacentino, non sono presenti chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

Anche dai profili sismici risulta che l'unica struttura importante che mostra attività tardo-quadernaria è il fronte sepolto dell'alto di Chero-Carpaneto (individuabile nello stralcio della Fig. 10), che rappresenta la prosecuzione verso SE del thrust di Stradella.

¹ Da non confondersi con le faglie attive e capaci considerate elemento di instabilità nelle analisi di pericolosità sismica locale e oggetto di microzonazione sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008; Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, 2015).

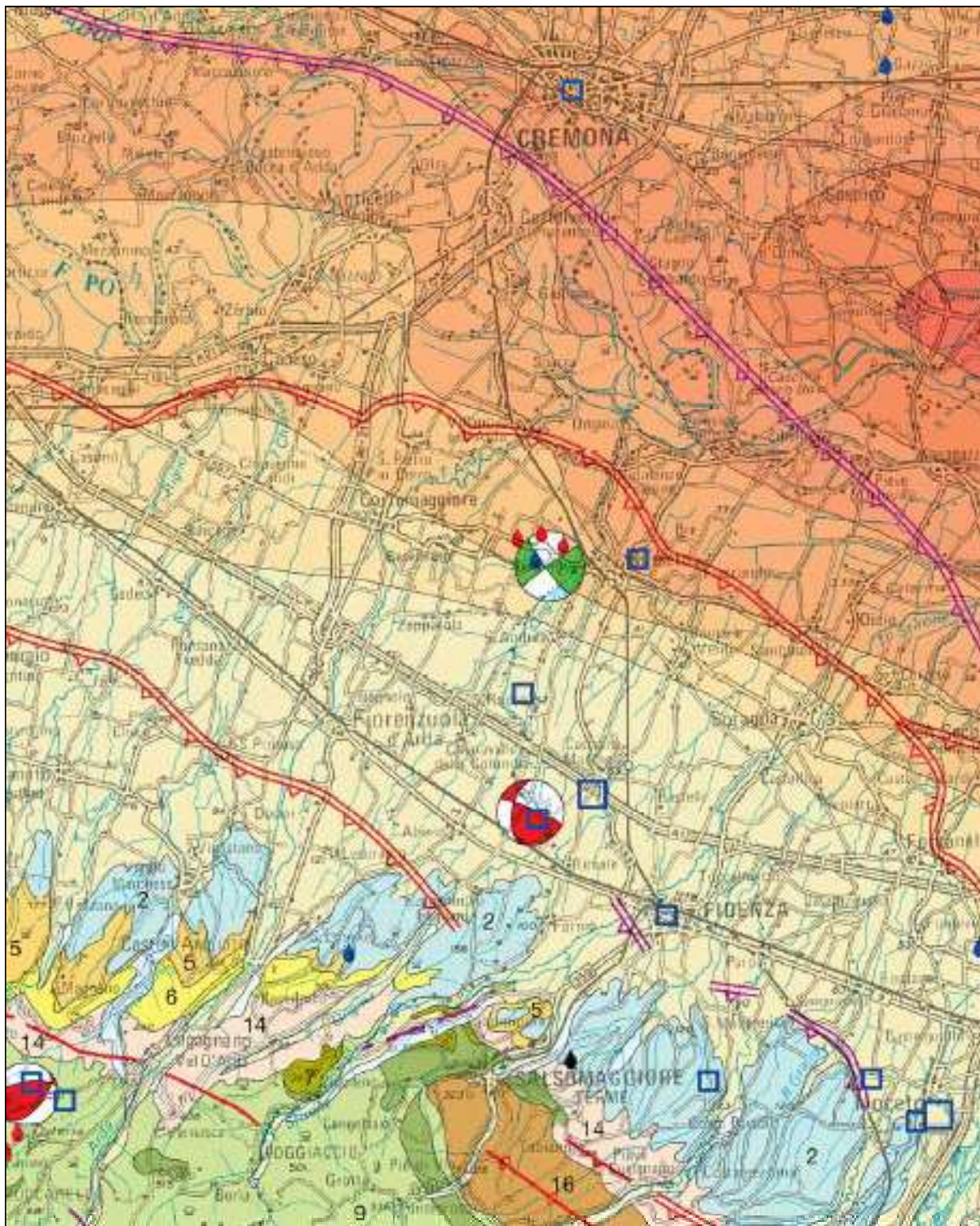


Figura 10 - Estratto Carta Sismotettonica – Servizio Geologico Regionale - 2017

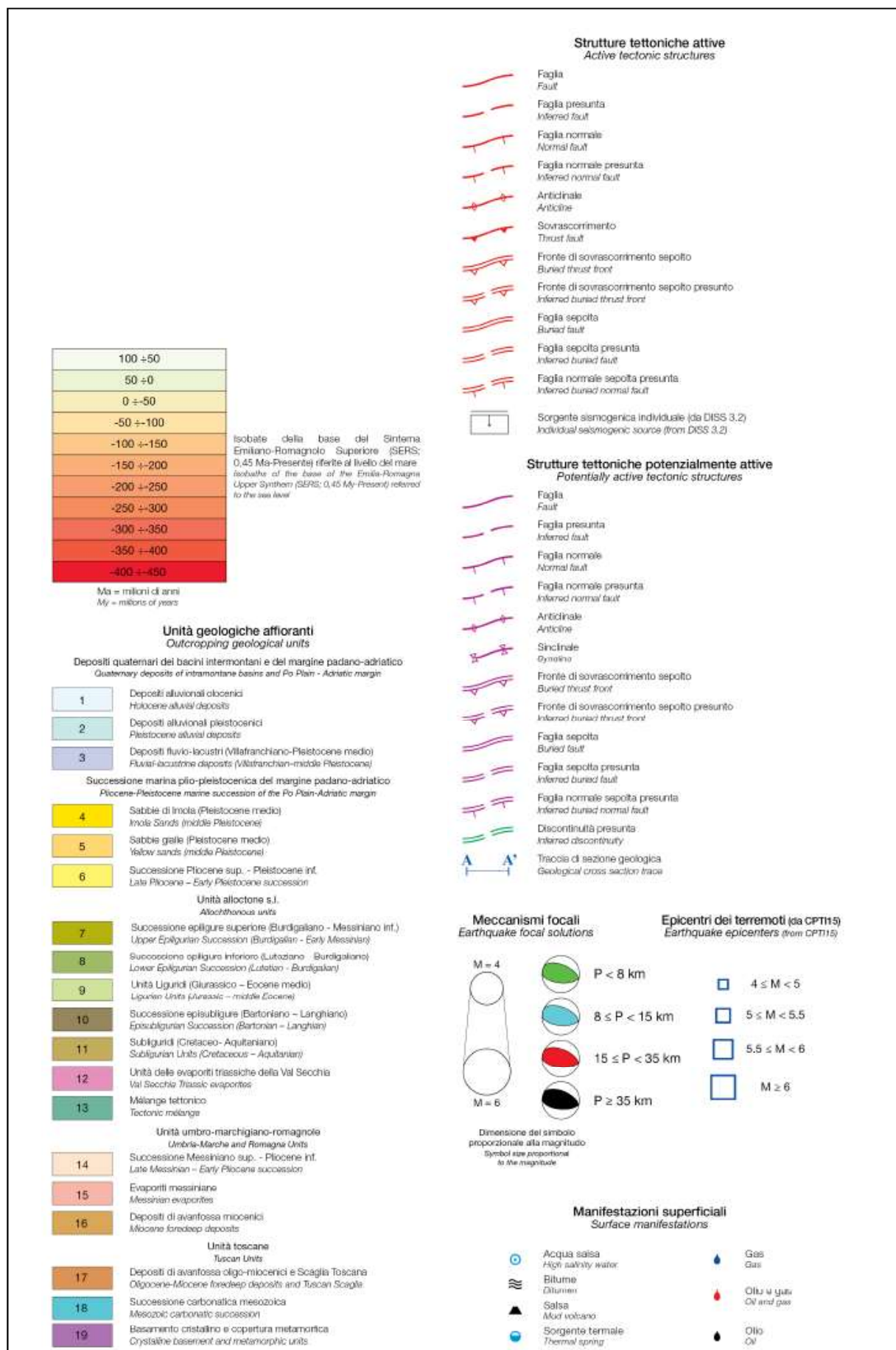


Figura 11 - Legenda Carta Sismotettonica- Servizio Geologico Regionale - 2017

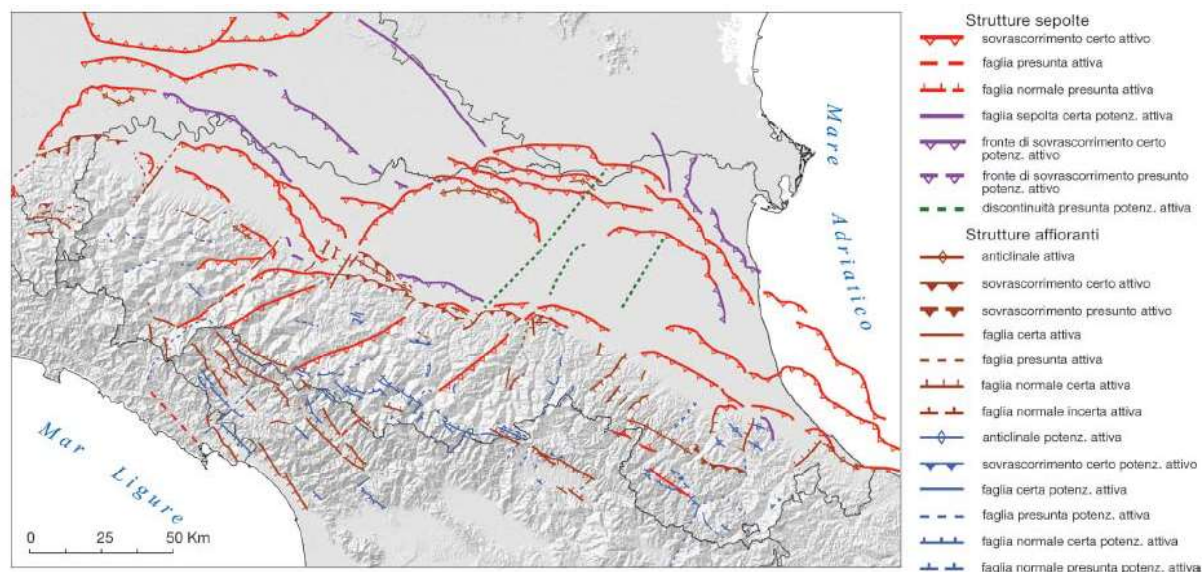


Figura 12 - Sintesi regionale delle principali strutture attive e potenzialmente attive (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

3.2 Zonazione sismogenetica

In questa sede è stata esaminata la zonazione sismogenetica denominata ZS9, contenuta nel Rapporto Conclusivo della "Mappa di pericolosità sismica" redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell'aprile 2004, che partendo dalla revisione della precedente zonazione ZS4, è stata aggiornata sulla base delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni del potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

Per quanto riguarda il settore nord-occidentale dell'Appennino settentrionale, le cui zone sismotettoniche riconosciute sono rappresentate in Figura 13, il settore investigato rientra nell'ambito della zona 913,

Essa ricade in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

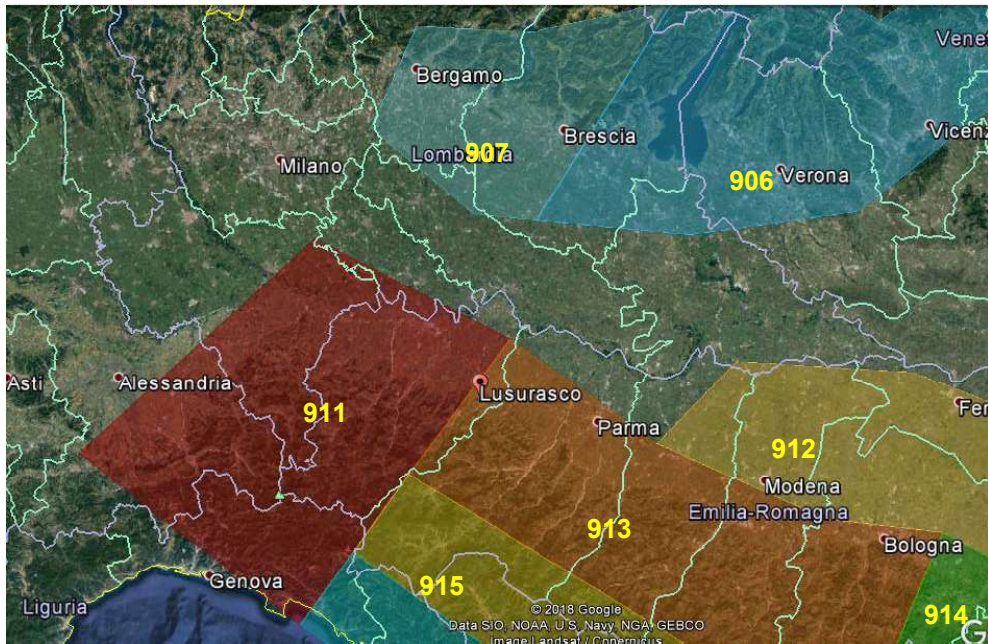


Figura 13 - Zonazione sismogenetica ZS9 – I.N.G.V. 2004

La figura 14 evidenzia la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.2.1 (Database of Individual Seismogenic Sources a cura dell'INGV), da cui si evidenzia che l'area indagata si colloca tra le seguenti "fasce" sismogenetiche:

- ITCS009 Busseto-Cavriago
- ITCS045 San Giorgio Piacentino – Fornovo di Taro

La struttura sismogenetica ITCS009: Busseto-Cavriago, si estende dalla zona di Reggio Emilia, verso Parma, e si estende verso nord-ovest in direzione di Busseto; essa appartiene al fronte di accavallamento esterno dell'Appennino settentrionale.

Si tratta di una struttura sismogenetica responsabile di terremoti distruttivi in tutta l'area interessata, inseriti sia nei cataloghi storici che strumentali; in particolare si segnalano i terremoti del 5 nov 1738 (Mw 5.4, Parma), 11 giu 1438 (Mw 5.6, Parmense), 15 Lug 1971 (Mw 5.6, Parmense), 13 mar 1832 (Mw 5.6, Reggiano), e 11 sett 1831 (Mw 5.5, Reggiano). Una sismicità diffusa di grado medio caratterizza l'area ($4.5 < Mw < 5.0$); La sismicità massima è stata assunta sulla base della sismicità regionale (Mw 5.6).

Per quanto riguarda la struttura ITCS045, questa sorgente è posta a cavallo della regione ad ovest della valle del Taro, e si colloca al passaggio tra il fronte di pieghe pedeappennico (a SE) ed il fronte di pieghe esterne dell'Appennino settentrionale (a N e NW). Si tratta di sistema di faglie vergenti verso NE, in parte costituite da piccoli archi, nel settore pedecollinare della catena dell'Appennino Settentrionale.

I cataloghi storici e strumentali mostrano una mancanza di sismicità significativa in questa regione ad eccezione di alcuni terremoti di grado medio ($4.5 < Mw < 5.0$) nei settori orientali e

occidentali dell'area. La sismicità massima è stata assunta sulla base della sismicità regionale (Mw 5.5).

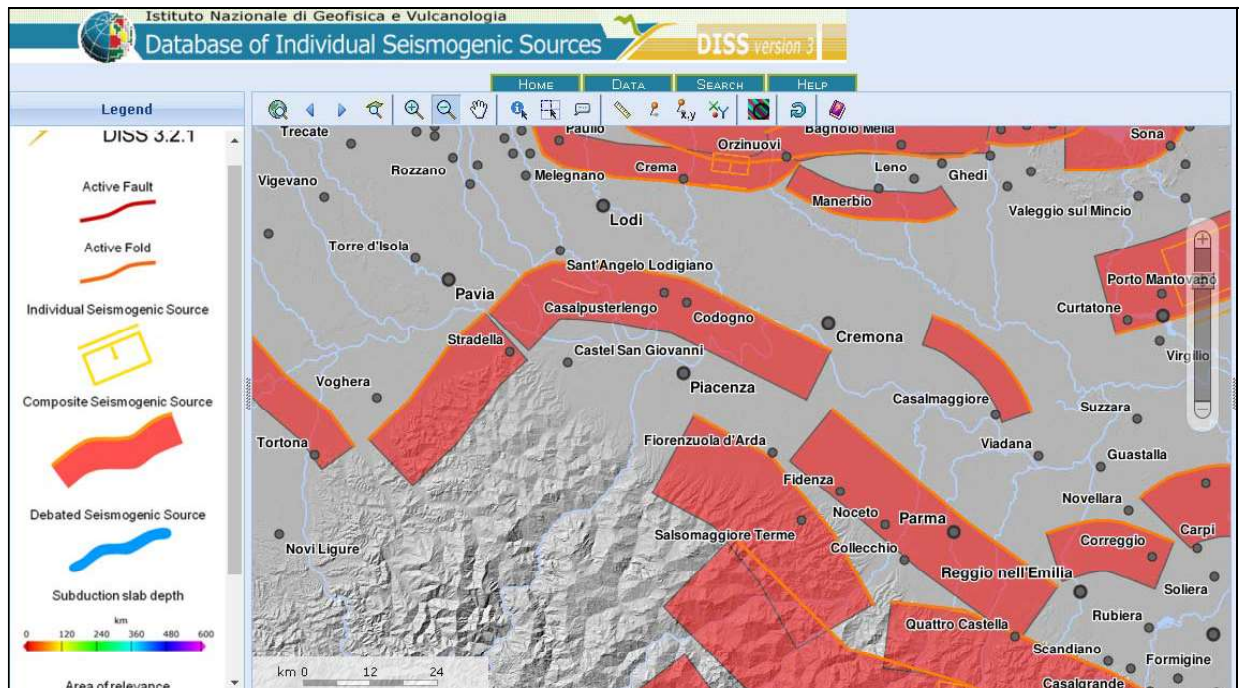


Figura 14 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1 .

3.3 Sismicità storica

L'Emilia-Romagna rappresenta un settore della catena appenninica esterna caratterizzato da una sismicità frequente che può essere definita media in relazione alla sismicità nazionale, con ipocentri dei terremoti localizzati non solo nella crosta superiore ma anche nel mantello. L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX grado della scala MCS. Nel settore indagato i fenomeni sismici risultano di minore energia (Magnitudo < 5,5).

Nel settore di pianura in esame gli epicentri dei terremoti principali, con magnitudo compresa tra 4,0-4,5, risultano relativamente superficiali, essendo localizzati entro la profondità di 15 km.

In riferimento ai dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>) messo a disposizione dall'INGV; nel caso del Comune di Alseno, come si evidenzia dall'estratto di Figura 15 vengono evidenziati 5 eventi a partire dal 1530 e con relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'epicentro della scossa; l'evento più significativo è riferito al l'anno 1993 con epicentro nel Parmense, e Magnitudo Mw pari a 5,08.

In riferimento agli eventi tellurici storici (sismicità storica) è stato esaminato il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (di cui è riportato uno stralcio in Figura 16), a cura

dei tre enti scientifici nazionali (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Servizio Sismico Nazionale); gli eventi più significativi risalgono al 1438 (magnitudo 5,6) ed al 1738 (magnitudo 5,3) entrambi con epicentro nel parmense.

Alseno

PlaceID IT_34454
 Coordinate (lat, lon) 44.896, 9.968
 Comune (ISTAT 2015) Alseno
 Provincia Piacenza
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 5

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
3-4	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
4-5	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82

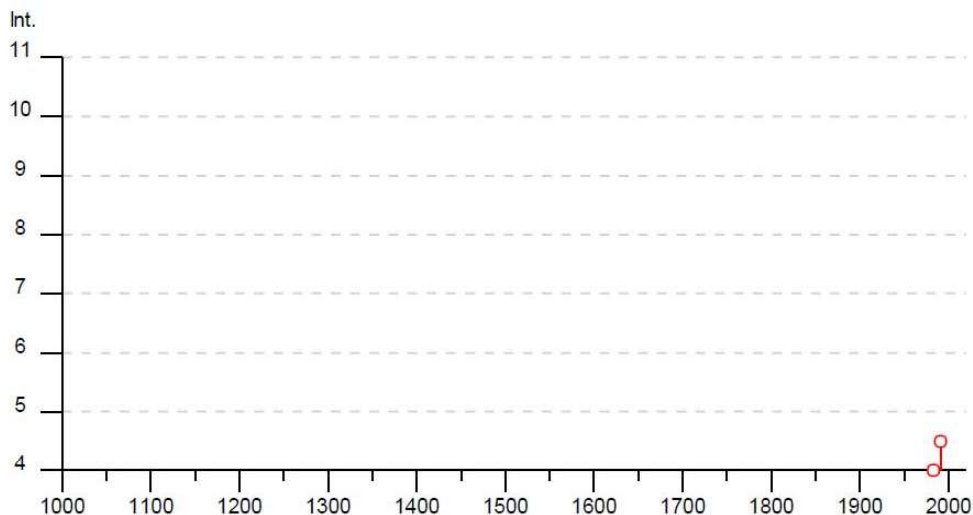


Figura 15 - Dati macrosismici relativi al Comune di Alseno da DBMI 2015 - INGV

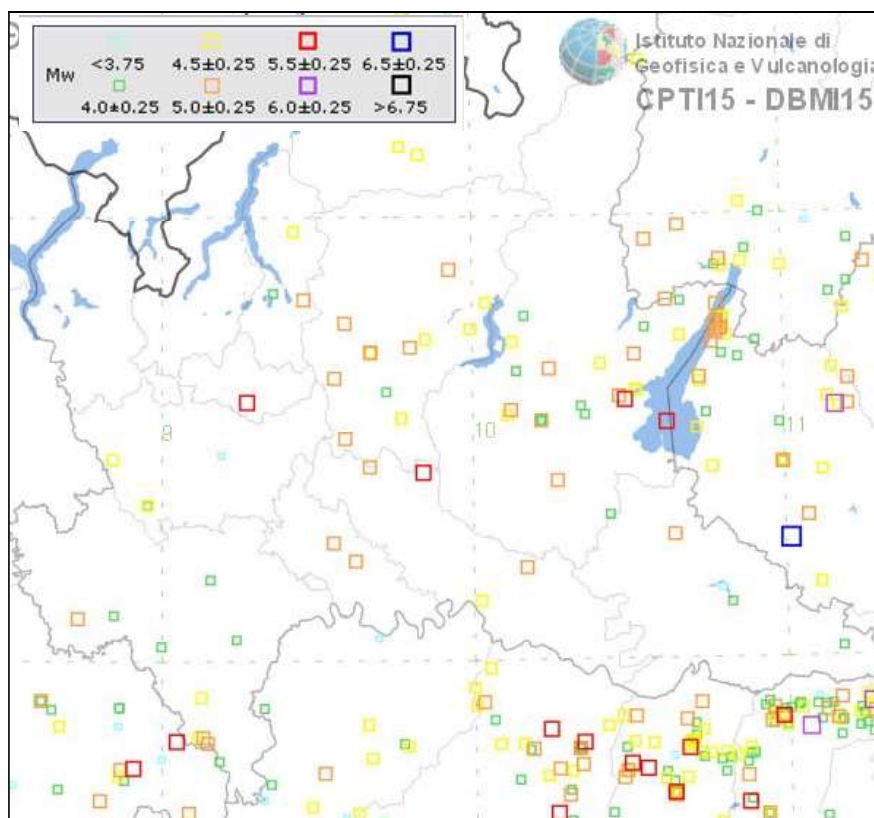


Figura 16 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 - INGV

3.4 Effetti sismici locali

Per quanto riguarda le caratteristiche geomorfologiche e litologiche che possono determinare effetti sismici locali in caso di sisma sono state esaminati gli elaborati cartografici dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Alseno, redatto secondo gli standard nazionali di Protezione Civile, che ha ottenuto la validazione da parte del Servizio Geologico della Regione in data 17/12/2014; in particolare sono state valutate la Tavola delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e le Tavole dei fattori di amplificazione, di cui si riportano stralci nelle figure 17-22.

L'area in esame, viene fatta ricadere nell'ambito Appennino e margine appennino-padano, di cui alla Delib. 112/2007, caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da depositi alluvionali sovrastanti substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s a profondità comprese tra 40-50 m dal p.c

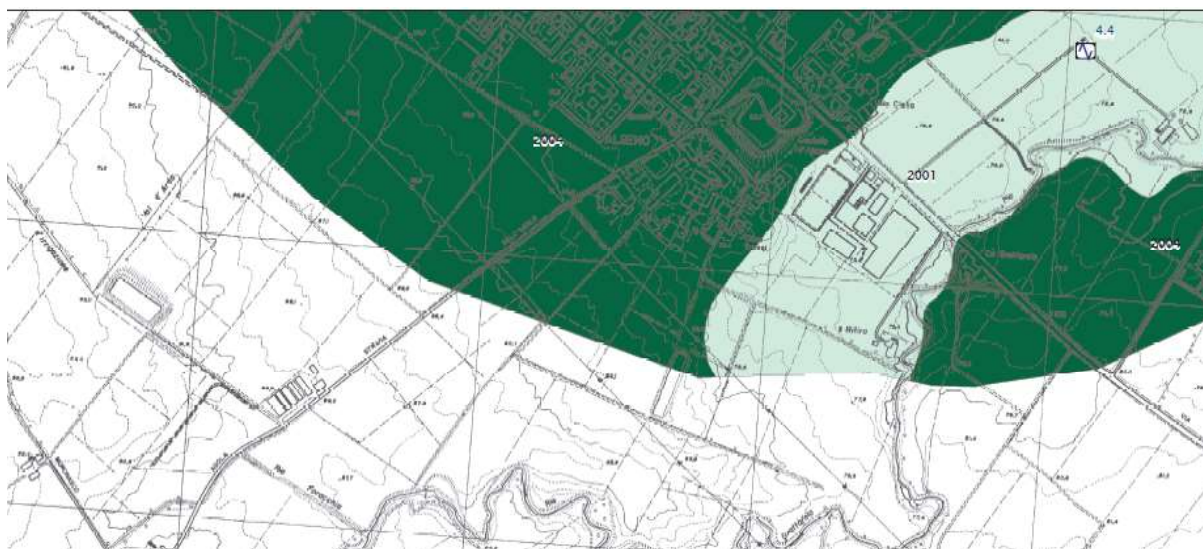
Lo Studio di Microzonazione Sismica di 2° livello classifica l'area nella Zona 10 con stratigrafia tipo 2004, riferibile a depositi alluvionali a granulometria mista costituiti da alternanze di limi sabbiosi e limi-argillosi intercalati a livelli di ghiaia in matrice argilloso-limosa, con profondità del substrato marino > 100 m dal p.c., come si evince dall'estratto della Carta delle MOPS di cui alla Figura 12.

Per quanto riguarda i coefficienti di amplificazione sismica, lo studio assegna, sulla base degli abachi di cui all'Allegato 2 della Delib.A.L. n. 112/2007, i seguenti valori in termini di

rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) e di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0), rappresentati negli estratti cartografici delle Figure 18-20:

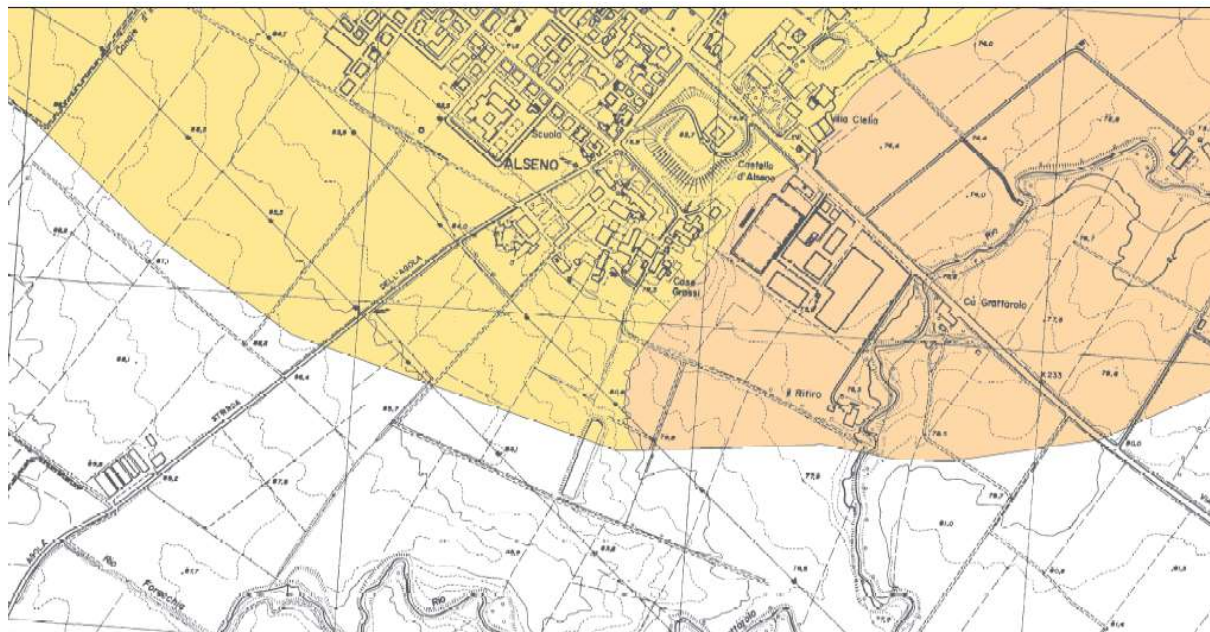
Tabella 1 - Fattori di amplificazione stratigrafica da studio di microzonazione sismica di 2° livello

Vs30 (m/s)	Contesto morfologico	FA PGA	FA - 0.1s < To < 0.5s	FA - 0.5s < To < 1.0s
350-374	Pianura 2	1,4	1,7	2,0

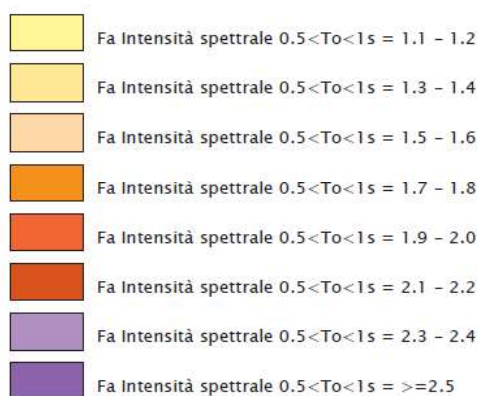


9	Alseno capoluogo	2001	Depositi alluvionali a granulometria mista costituiti da limi inorganici, argille limose, argille organiche intervallati ad orizzonti di ghiaie argillose e miscele di ghiaie, sabbie, limi ed argille. Profondità del substrato marino >100 dal p.c.m
10	Alseno capoluogo	2004	Depositi alluvionali a granulometria mista costituiti da alternanze di limi sabbiosi e limi-argillosi intercalati a livelli di ghiaia in matrice argilloso-limosa. Profondità del substrato marino >100 m dal p.c.

Figura 17 - Estratto Carta delle MOPS – Studio di Microzonazione Sismica – Comune di Alseno



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone suscettibili di instabilità

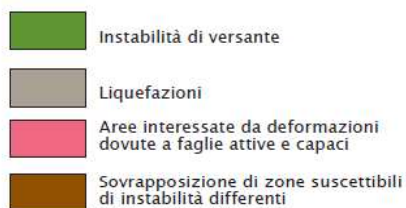
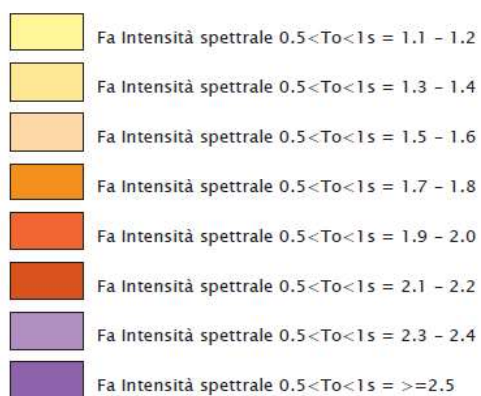


Figura 18 - Estratto Tavola dei fattori di amplificazione FA PGA. Da Studio di Microzonazione Sismica.



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone suscettibili di instabilità

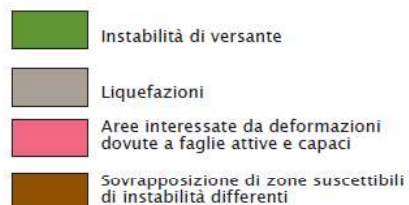
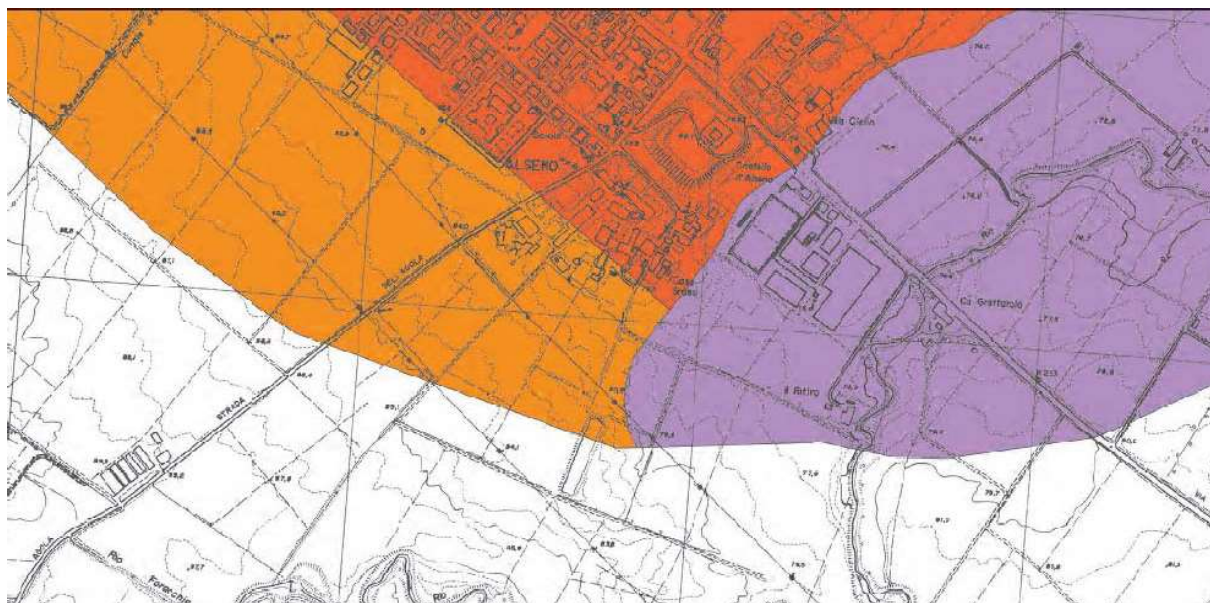
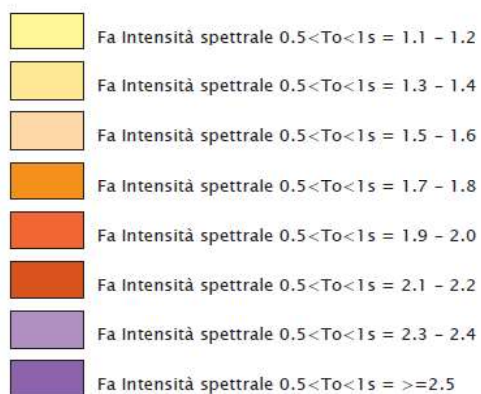


Figura 19 - Estratto Tavola dei fattori di amplificazione FA Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$.
Da Studio di Microzonazione Sismica.



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone suscettibili di instabilità

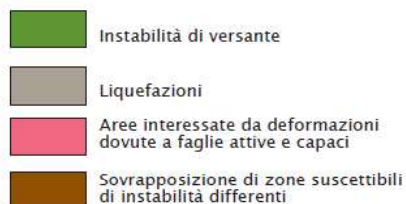


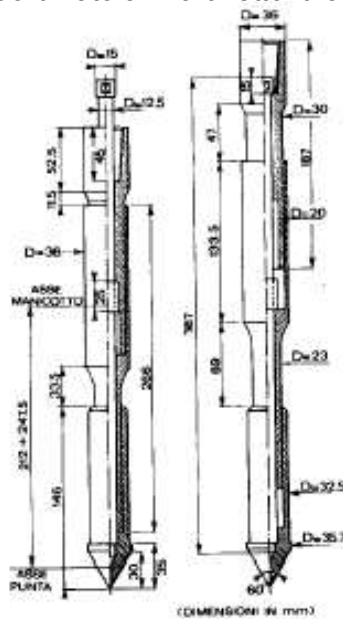
Figura 20 - Estratto Tavola dei fattori di amplificazione FA Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1.5s$.
Da Studio di Microzonazione Sismica.

4 - METODOLOGIA DELLE INDAGINI PENETROMETRICHE

Prova penetrometrica statica CPT

La prova penetrometrica statica "C.P.T." consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s}$ ca.), mediante un dispositivo di spinta idraulico, opportunamente ancorato al suolo, che agisce su di una batteria doppia di aste coassiali, alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene rilevato per mezzo di un opportuno sistema di misura, coordinato al martinetto idraulico di spinta.



La punta conica, di tipo telescopico, è corredata da un manicotto per la misura dell'attrito laterale (punta-manicotto "Begemann") ed ha le seguenti dimensioni standard:

- diametro di base del cono = 35,7 mm.
- angolo del vertice del cono = 60°
- sezione di base del cono = 10 cmq.
- superficie del manicotto = 150 cmq.

L'attrezzatura è predisposta in modo da agire separatamente sulla punta e sul manicotto, per cui vengono misurati, ad intervalli regolari di 20 cm. :

- - la resistenza alla punta "Rp" (Kg/cmq)
- - la resistenza laterale "Rl" (Kg/cmq)
- - la resistenza totale "Rt" (Kg)

Figura 21 - Schema punta Begemann

Nei diagrammi e tabulati allegati (Allegato 3), oltre all'elaborazione dei valori di resistenza, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni esplorati, sulla base dei valori di Rp e del rapporto Rp/Rl (Begemann 1965) oppure del rapporto $FR = Rl/Rp$ tra la resistenza laterale e la resistenza di punta del penetrometro (Schmertmann, 1978).

Nelle tavole allegate sono anche riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici necessari alla corretta valutazione della capacità portante e dei cedimenti del terreno.

Tali elaborazioni fanno riferimento ad esperienze e ricerche condotte da diversi autori in vari Paesi, oltre che a conoscenze personali; esse forniscono un quadro assai completo delle proprietà fisico-meccaniche del sottosuolo, tuttavia in assenza di prove di laboratorio su campioni indisturbati e rappresentativi dei terreni presenti, devono essere considerate come orientative e, in ogni caso, i calcoli impostati con i parametri da esse ottenuti, devono essere ridotti da opportuni fattori di sicurezza.

Prova penetrometrica dinamica SCPT

Lo strumento impiegato è stato il classico penetrometro pesante italiano S.C.P.T. (Standard Cone Penetration Test), a punta conica, correlabile alla prova S.P.T. (Standard Penetration Test), attraverso le esperienze di Meardi.

Esso ha le seguenti caratteristiche costruttive:

M = peso del maglio = 73 Kg
h = altezza di caduta = 75 cm
d = diametro punta = 51 mm circa
angolo al vertice della punta = 60°

P = peso aste = 4,6 Kg/m
peso rivestimento = 5,3 Kg/m
Rifiuto = 30 cm/ N colpi

La prova consiste nel contare il numero "N" dei colpi necessari per infiggere la punta per un tratto di 30 cm.; la documentazione è costituita da una tabella dei valori delle resistenze misurate alle varie profondità per ciascuna prova e da un diagramma riportante, in ascisse, il numero dei colpi e, in ordinate, le profondità corrispondenti (ALL. 3).

Il principio si basa sul fatto che l'energia di infissione è proporzionale ad N e quindi è possibile risalire alla consistenza dei terreni coerenti ed al grado di addensamento dei terreni granulari incoerenti, attraverso varie metodologie proposte dalla letteratura specializzata.

Tale energia, in termini di resistenza dinamica, è ricavabile direttamente dalla nota formula degli Olandesi

$$R_d = (M^2 \cdot h) / [A \cdot e(M + P)]$$

dove:

M = peso del maglio = 73 Kg

e = rifiuto = 30 cm/N

h = altezza di caduta = 75 cm

P = peso delle aste = 4,6 Kg/m

A = sezione della punta = 20,268 cm²

I risultati ottenuti da prove SCPT possono essere utilizzati per la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni sulla base delle esperienze SPT, di cui tuttavia è bene non scordare sia i limiti operativi che le possibilità di errore insite nella stessa misura dei valori SCPT, soprattutto nel caso di ghiaie a granulometria grossolana, che possono evidenziare valori di N ben più elevati dell'effettiva resistenza del terreno.

A tale scopo, per la definizione del numero di colpi, considerata la loro elevata dispersione, è stata effettuata un'elaborazione statistica (ALL. 3) attraverso programma di calcolo automatizzato, onde assegnare un valore di N caratteristico ad ogni livello litologico individuato in ciascuna prova.

Così per ogni strato, predefinito sulla base della valutazione del numero di colpi, sono stati calcolati :

- valore minimo	m
- valore massimo	Max
- media	M
- valore medio/minimo	(M+m)/2
- scarto quadrat. medio s	
- media-sc. quadr. medio	M-s

Come valore caratteristico, è stato assunto il valore $(\text{Medio} + \text{minimo})/2$, agendo quindi in favore della sicurezza; per le correlazioni $N_{scpt} \Leftrightarrow N_{spt}$ e quindi per il calcolo dei parametri geotecnici riportati in allegato (ALL. 3), è stato applicato un fattore di conversione $\beta = 1,50$.

5 - MODELLO GEOLOGICO- GEOTECNICO

Come anticipato in premessa, al fine di definire le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del substrato relativo al sedime di fondazione della nuova Mensa a servizio della Scuola Primaria di Alseno, sono state eseguite n°2 prove penetrometriche statiche e n°1 prova penetrometrica dinamica continua SCPT, la cui ubicazione è riportata nelle planimetrie scala 1:500 allegate (ALL. 2).

Nel complesso le prove effettuate hanno mostrato una discreta uniformità latero-verticale delle caratteristiche litologiche e resistenziali del substrato, caratterizzato da orizzonte superficiale prevalentemente limoso-argilloso di consistenza media presente fino a circa 2 m dal p.c., seguito da alternanze di sedimenti limoso-sabbiosi a buon grado di addensamento/consistenza con livelli ghiaiosi in matrice limosa, passanti alla profondità di circa 7-9 m a lente ghiaiosa addensata.

La lente ghiaiosa profonda ha determinato il raggiungimento del rifiuto delle prove penetrometriche statiche CPT, per cui si è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica SCPT raggiungente la profondità di circa 10 m.

Nel dettaglio è possibile, a partire dal piano campagna attuale, corrispondente alla quota di inizio delle prove eseguite, definire la successione litostratigrafica locale di seguito illustrata:

- 1° strato: limo-argilloso di consistenza media
Profondità : 0,00÷0,90/1,20 m. dal p.c.
Comportamento geotecnico coesivo.
Resistenza penetrometrica : $R_p = 12 \div 19 \text{ kg/cm}^2$; $N_{spt} = 5$ colpi.
Peso di volume $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
Coesione non drenata $C_{uc} = 51 \text{ kPa}$
Modulo di deformazione elastica $E_{uc} = 9,5 \text{ MPa}$
Modulo di deformazione edometrica $M_{oc} = 4,1 \text{ MPa}$
- 2° strato: limo-argilloso-sabbioso di consistenza medio-alta
Profondità : 0,90/1,20÷1,80/2,20 m. dal p.c.
Comportamento geotecnico coesivo.- attritivo
Resistenza penetrometrica : $R_p = 20 \div 44 \text{ kg/cm}^2$; $N_{spt} = 7$ colpi.
Peso di volume $\gamma = 17,9 \text{ kN/m}^3$
Coesione non drenata $C_{uc} = 84 \text{ kPa}$
DR = 58 % (mediam. addensata)
Angolo di attrito $\phi_c = 27,6^\circ$
Modulo di deformazione elastica $E_{uc} = 12,6 \text{ MPa}$
Modulo di deformazione edometrica $M_{oc} = 7,0 \text{ MPa}$

- 3° strato: alternanze di ghiaie in matrice sabbioso-limosa, sabbie limose e limi-sabbiosi, mediamente addensati
 Profondità : 1,80/2,20÷6,90/8,80 m. dal p.c.
 Comportamento attritivo. misto coesivo attritivo per le lenti limose.
 Resistenza penetrometrica : $N_{spt} = 8\div 13$ colpi; $R_p = 37\div 76$ kg/cm² per gli orizzonti sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi; $87\div 173$ kg/cm² per gli orizzonti ghiaiosi
 Peso di volume $\gamma = 18$ kN/m³
 DR = 55 % (mediam. addensata)
 Angolo di attrito $\phi_c = 30^\circ$
 Modulo di deformazione elastica $E_c = 25,2$ MPa
 Modulo di deformazione edometrica $M_{oc} = 15,8$ MPa
- 5° strato ghiaie molto addensate in matrice limosa
 Profondità : 6,90/8,80÷ 10 m. dal p.c.
 Comportamento attritivo
 Resistenza penetrom. : $N_{spt} = 29$ colpi; $R_p > 250$ /cm²
 Peso di volume $\gamma = 19,1$ kN/m³
 DR = 75 % (molto addensata)
 Angolo di attrito $\phi_c = 35^\circ$
 Modulo di deformazione elastica $E_c = 39,7$ MPa

In corrispondenza di ogni strato vengono indicati i valori caratteristici dei parametri geotecnici più significativi determinati secondo l'espressione :

$$X_c = X_{mean} \cdot (1 - K_{mean} \cdot s)$$

in cui:

X_c = valore caratteristico del parametro geotecnico considerato

X_{mean} = valore medio aritmetico relativo ad una serie n di risultati;

K = variabile dipendente dalla legge di distribuzione di Student e della probabilità di non superamento adottata;

$s = d_v/X_{mean}$ = deviazione standard della distribuzione/valore medio della distribuzione.

I parametri geotecnici di ogni strato, sono riportati nelle elaborazioni dell'ALL. 3, suddivisi in base alla natura granulare e coesiva, ovvero, nei casi incerti, per entrambe le situazioni rilevate.

Nel corso delle prove eseguite non è stata riscontrata presenza di acqua di falda entro la profondità indagata.



Figura 22 - Punti di esecuzione prove penetrometriche

6 - CARATTERISTICHE DINAMICHE DEL SUOLO)

Per quanto concerne le caratteristiche dinamiche del suolo, in termini di velocità media di propagazione delle onde di taglio entro la profondità di 30 m. dalla superficie (Vs30) è stata eseguita n° 1 prospezione Masw (Multichannel Analysis of Surface Wave) in corrispondenza del sito di indagine.

Le registrazioni eseguite e l'interpretazione dei dati sono dettagliatamente descritte nell'Allegato 4.

I risultati ottenuti hanno consentito di ottenere una valutazione della velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq secondo l'espressione

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

ove hi = spessore in mt. dello strato i-esimo

Vsi = velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo

N = n° di strati

H = profondità del substrato caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s

Tenendo conto di una profondità della fondazione ipotizzata pari ad 1,0 m dal p.c. e della profondità del substrato > 30 m, dall'elaborazione della prova Masw eseguita si ottiene un valore di

Vs30 = 427 m/s

Il sottosuolo in esame sulla base della classificazione di cui al D.M. 17/01/18 con approccio semplificato, viene pertanto fatto rientrare nella seguente :

Categoria B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s,
--------------------	--

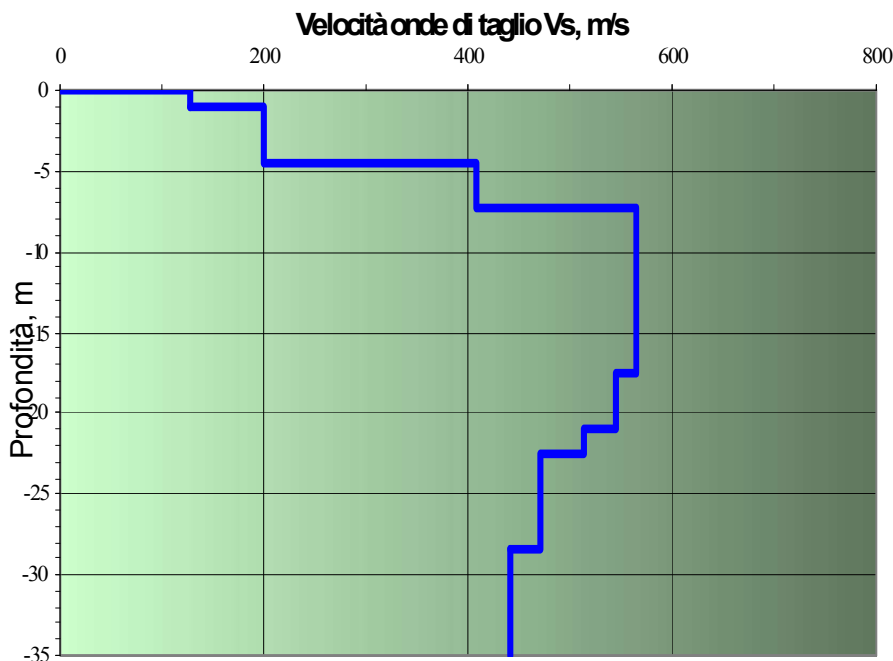


Figura 23 - Profilo di velocità Vs – Sito Mensa Alseno

7 - AZIONE SISMICA SECONDO N.T.C.

La classificazione sismica del territorio regionale, aggiornata con D.G.R. 1164/2018, fa rientrare il Comune di Alseno in **zona 3** cioè a sismicità bassa, caratterizzata da valori di ag/g compresi di 0,05-0,15, dove “ag” è l'accelerazione di picco orizzontale al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e “g” è l'accelerazione di gravità.

Per *pericolosità sismica* viene intesa la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito; essa è legata alle caratteristiche sismotettoniche, alle modalità di rilascio dell'energia alla sorgente, al percorso di propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e alla loro interazione con la geologia e la geomorfologia locale. In questa sede è stata esaminata la “Mappa di pericolosità sismica” allegata all'Ordinanza P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, che aggiorna la precedente approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004.

Come si può osservare dalla distribuzione delle aree a diversa accelerazione massima del suolo (amax) espressa in termini di accelerazione massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli molto rigidi con Vs30 > 800 m/s), il Comune di Alseno, evidenziato in figura dal cerchio rosso, appartiene alla fascia caratterizzata da valori **0,125-0,150 g**.

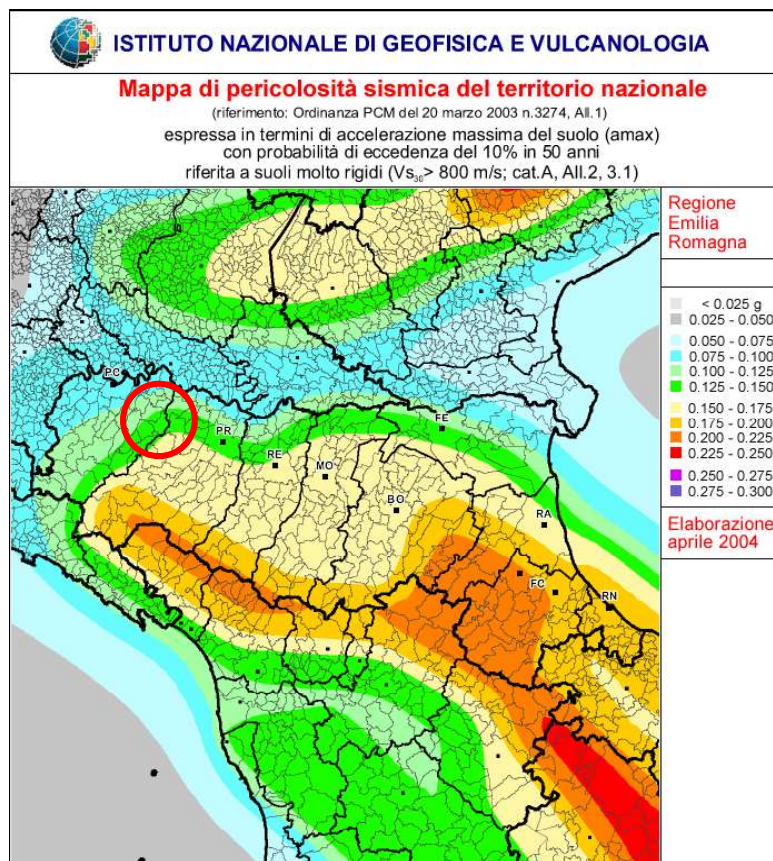


Figura 24 - Mappa di pericolosità sismica in termini di amax (INGV 2004)

In riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/18), la pericolosità sismica può essere espressa in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta; questi ultimi sono definiti, 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.

Sulla base dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* forniti dalle tabelle riportate nell'Allegato B delle NTC, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno

TR considerati dalla pericolosità sismica, per il sito in esame si ricavano i seguenti valori :

Sito in esame.

latitudine: 44,8888
 longitudine: 9,908609
 Classe: 3
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14934	Lat: 44,8808	Lon: 9,8935	Distanza: 1485,024
Sito 2	ID: 14935	Lat: 44,8829	Lon: 9,9640	Distanza: 4412,481
Sito 3	ID: 14713	Lat: 44,9328	Lon: 9,9610	Distanza: 6404,859
Sito 4	ID: 14712	Lat: 44,9307	Lon: 9,8906	Distanza: 4873,467

Tabella 2 – Parametri sismici di sito

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	45	0,051	2,475	0,244
Danno (SLD)	75	0,065	2,467	0,260
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,160	2,489	0,280
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,202	2,512	0,288

I valori di accelerazione massima valutati per il sito in esame, tenendo conto dell'amplificazione stratigrafica connessa alla presenza di un suolo di categoria B e dell'amplificazione topografica del sito in esame, sulla base delle indicazioni di Tabelle 3.2.IV e 3.2.V delle NTC, e facendo riferimento alla vita nominale e classe d'uso per la Nuova Mensa in progetto di seguito indicata

classe d'uso dei fabbricati	III
vita nominale VN	50 anni
coefficiente d'uso C_u	1,5
periodo di riferimento VR	75 anni

sono riassunti nella tabella seguente :

Tabella 3 – Accelerazioni sismiche massime attese per il sito in esame

Stato Limite	Tr [anni]	Ss	St	Cc	kh	kv	A_{max} [g]
Operatività (SLO)	45	1,20	1,00	1,46	0,011	0,006	0,061
Danno (SLD)	75	1,20	1,00	1,44	0,014	0,007	0,078
Salvaguardia vita (SLV)	712	1,20	1,00	1,42	0,046	0,023	0,192
Prevenzione collasso (SLC)	1462	1,20	1,00	1,41	0,075	0,033	0,242

7.1 Verifiche liquefazione

Pur non ricadendo in area a rischio di liquefazione, che può potenzialmente interessare i territori contrassegnati da sedimenti sabbiosi in condizioni di saturazione, si è comunque proceduto alla valutazione della possibilità di liquefazione utilizzando un metodo semplificato.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione :

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

La suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti rappresenta un parametro molto importante da valutare nelle analisi di pericolosità sismica anche a piccola scala, in particolare nella pianura alluvionale dove si ha la maggiore concentrazione dell'urbanizzato sia storico che di previsione.

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche ed in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Il meccanismo di liquefazione è governato da molti fattori e tra questi i principali sono: caratteristiche dell'impulso sismico; (magnitudo $M > 5,0$); densità relativa ($DR < 50\div 60\%$); pressioni di confinamento (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri); fuso granulometrico; falda superficiale.

In condizioni di sisma, vi possono anche essere effetti di "riordino" dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi.

Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento "non drenato") provocate da perdite di resistenza. Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine "cyclic softening" (Idriss & Boulanger, 2004-2007).

Le verifiche della suscettibilità alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma possono essere espletate utilizzando correlazioni empiriche basate sui risultati delle prove geognostiche in primo luogo SPT e CPT; relativamente alle prove CPT a punta meccanica,

gli studi recenti indicano un certo grado di sottostima del rischio di liquefazione rispetto alle prove con punta elettrica CPTE/CPTU.

In riferimento allo studio di Facciorusso J., Madaia C. e Vannucchi G. "Correction do Mechanical CPT Data for Liquefaction Resistance Evaluation" (2016), attraverso l'analisi di oltre 3900 dati di prove CPT a punta meccanica, è stato riscontrato una sostanziale corrispondenza tra i dati di resistenza alla punta rispetto alle prove con punta elettrica CPTE/CPTU, mentre è stata confermata la sostanziale differenza nel dato di attrito laterale tra le due metodologie di prova, che porterebbero ad una significativa sottostima del rischio di liquefazione. Nello studio viene proposto l'impiego di fattori correttivi, che consentono, in relazione alle risultanze analitiche dei numerosi dati a disposizione, di ottenere valori sostanzialmente confrontabili tra le due tipologie di prove.

In virtù di tali considerazioni, in questa sede si è optato per una valutazione del rischio di liquefazione impiegando le prove CPT a punta meccanica eseguite, operando una correzione del dato di resistenza di punta e di attrito laterale ($q_{c,e} = 0,96 q_{c,m}$ e $f_{s,e} = 0,58 f_{s,m}$).

La procedura di verifica della liquefacibilità si basa sull'approccio attualmente più accreditato di Boulanger e Idriss (2014), che fornisce valori dell'Indice di liquefazione IL (Iwasaki, 1978).

La verifica stima la propensione alla liquefazione di un sedimento attraverso il calcolo del fattore di sicurezza $FL = (CRR(7,5)/CSR(7,5)) * MSF$ ove:

- CSR = sollecitazione tangenziale ciclica (Cyclic Stress Ratio) prodotta da un sisma e stimata sulla base di correlazioni empiriche dalle caratteristiche del terremoto, magnitudo e accelerazione tangenziale del suolo. Il CSR viene calcolato dall'equazione semiempirica proposta da Seed e Idriss (1971) per terremoti di $M = 7,5$. La a_{max} di ingresso per la valutazione semplificata del CSR è ricavata utilizzando i dati della caratterizzazione sismica di riferimento •
- MSF = coefficiente correttivo per eventi sismici di magnitudo differente da 7,5. Il metodo Idriss e Boulanger utilizza per terremoti di $M < 7,5$ l'equazione

$$MSF = 6,9 \exp(-M/4) - 0,058 \leq 1,8$$

- CRR = resistenza alla liquefazione ciclica (Cyclic Resistance Ratio) dei sedimenti attraversati, ricavata dagli esiti penetrometrici secondo la procedura empirica proposta da Robertson & Wride, 1998 per terremoti di $M = 7,5$. La procedura si fonda su equazioni che determinano i valori di CRR dei sedimenti con diverso contenuto di fini dai dati delle prove CPT, attraverso la normalizzazione a 100 kPa (pressione atmosferica) delle resistenze alla punta penetrometrica e la correzione in funzione delle caratteristiche granulometriche (desunte dalla classificazione dei terreni di Robertson, 1990).

Il calcolo automatico della liquefacibilità è stato realizzato con il software "Cliq", sviluppato dalla GeoLogismiki Geotechnical Engineers, utilizzando i seguenti dati di input:

- magnitudo del terremoto $M_w = 6.14$
- a_{gmax} suolo = 0,194 g
- quota piezometrica scelta cautelativamente pari a -1,0 m dal piano campagna
- verifica fino alla quota raggiunta dalle prove penetrometriche.

Le elaborazioni eseguite indicano, tenendo conto delle condizioni estremamente prudenziali adottate, indicano solo localmente condizioni per il verificarsi di fenomeni di liquefazione, in quanto il fattore di sicurezza F_s risulta generalmente superiore a 1,25, conseguentemente anche il potenziale a liquefazione (IL o LPI), indicato secondo la formulazione:

$$LPI = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

In cui:

z_{crit} è la profondità massima alla quale strati liquefatti producono effetti in superficie

$w(z) = 200/z_{crit} (1-z/z_{crit})$

$F(z) = 1-FL$ se $FL \leq 0,95$

$F(z) = 2 \cdot 10^6 \exp(-18,427 FL)$ se $1,2 \leq FL \leq 0,95$

$F(z) = 0$ se $F_s > 1,2$

(con FL = fattore di sicurezza a liquefazione)

assume valore LPI compreso tra 0,014 e 0,289, cioè rischio di liquefazione basso secondo la classificazione di Sonmez (2003):

Tabella 4 -Classi di rischio di liquefazione in funzione di LPI

POTENZIALE	RISCHIO LIQUEFAZIONE
LPI = 0	Nulla
$0 < LPI \leq 2$	Basso
$2 < LPI \leq 5$	Moderato
$5 < LPI \leq 15$	Alto
$LPI > 15$	Molto alto

Nel caso in esame si evidenziano valori del potenziale di liquefazione nullo, localmente basso, tenendo conto delle valutazioni cautelative considerate., come riassunto dai diagrammi riportati in Figura. 25.

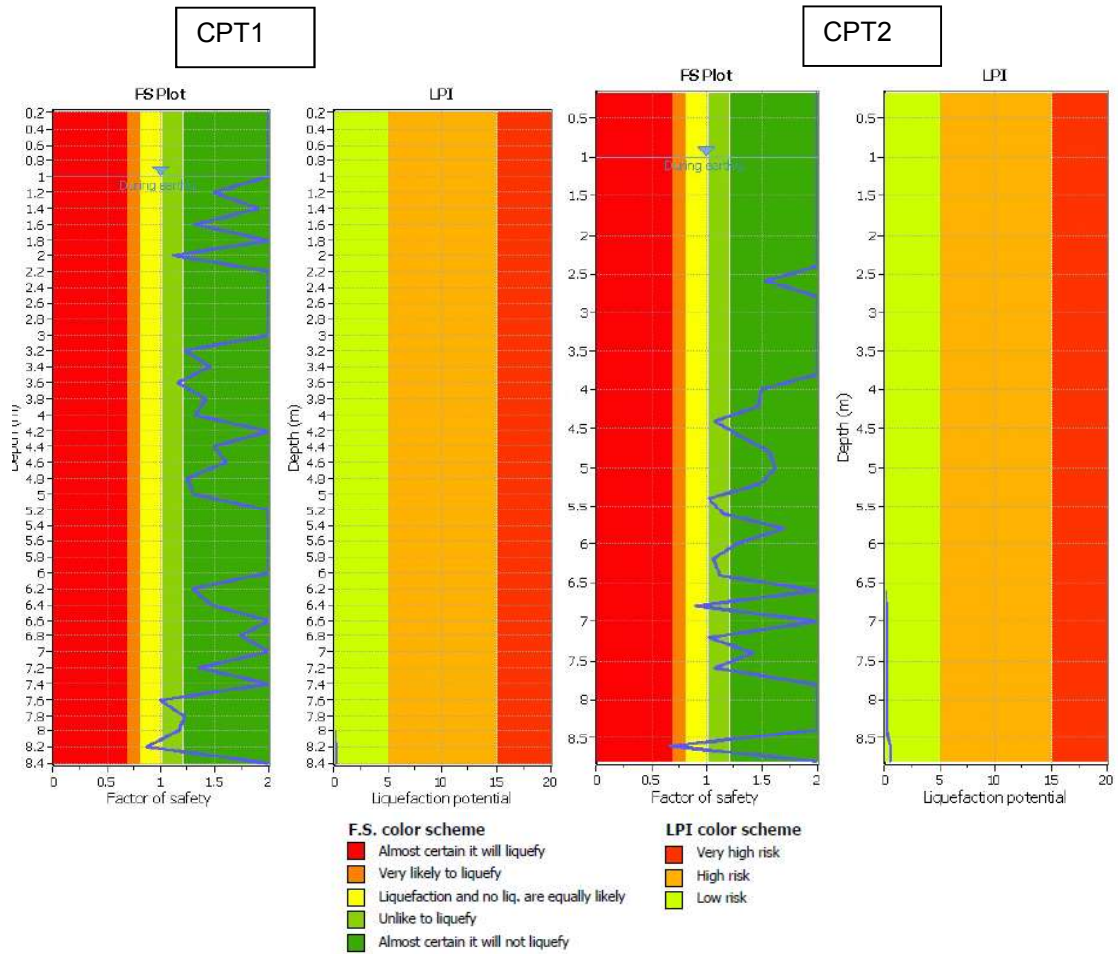


Figura 25 - Diagrammi del fattore di sicurezza FS e di LPI per le verticali penetrometriche

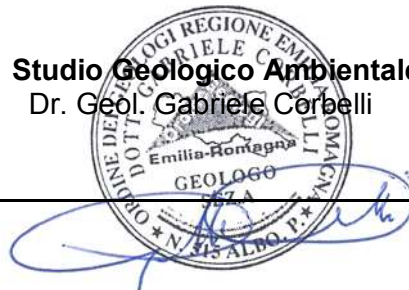
8 - CONCLUSIONI

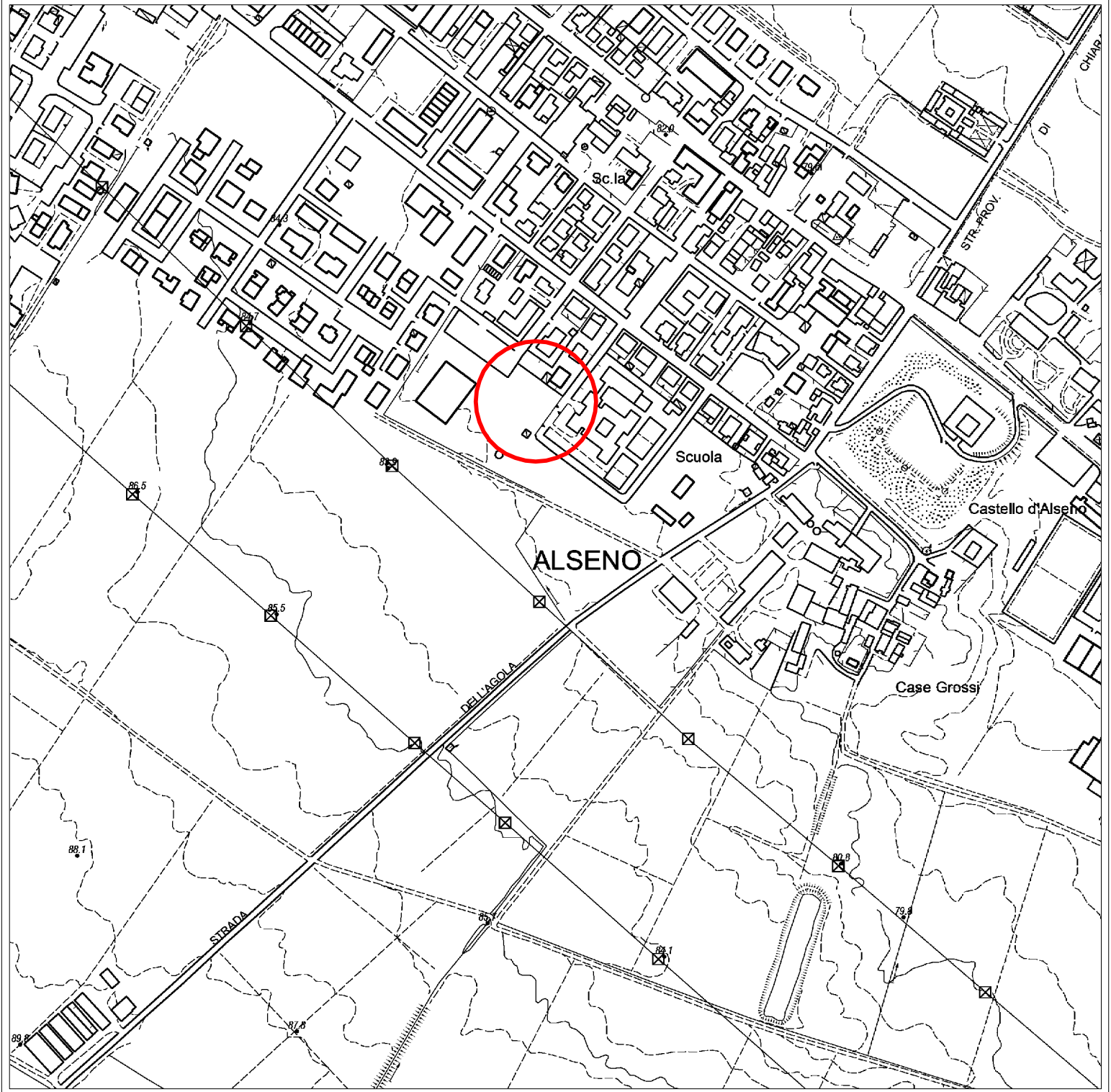
L'indagine geologica-sismica eseguita a supporto della progettazione della nuova mensa a servizio della Scuola Secondaria di Alseno, sita in Via Dante Alighieri del capoluogo, consente di giungere alle seguenti valutazioni conclusive :

- Il settore investigato si colloca nell'ambito del settore di alta pianura di piana alluvionale riferibile al conoide del Torrente Arda, caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali a granulometria mista costituiti da ghiaie in matrice limoso sabbiosa alternati ad argille limose e limi argillosi.
- Nel complesso le indagini geognostiche eseguite hanno evidenziato la presenza di un orizzonte superficiale limoso-argilloso seguito da alternanze di sedimenti limoso-sabbiosi a buon grado di addensamento/consistenza con livelli ghiaiosi in matrice limosa, passanti alla profondità di circa 7-9 m a lente ghiaiosa, presente fino alla profondità massima indagata, pari a circa 10 m.
- Le caratteristiche geotecniche del sottosuolo investigato consentono una normale progettazione delle opere di fondazione, prestando attenzione alla previsione dei cedimenti, che pur prevedibilmente non elevati in ragione della modesta entità della costruzione, dovranno tener conto di tipici fenomeni di consolidazione per essiccazione estiva dei livelli coesivi superficiali.
- Le informazioni a disposizione indicano che la locale falda freatica può raggiungere profondità di circa 8,00 m. dal p.c., con sensibili abbassamenti nei periodi siccitosi.
- Relativamente al rischio sismico, l'area oggetto di indagine rientra nella Zona sismica 3 secondo la classificazione sismica del territorio nazionale ai sensi dell'OPCM 3274/2003; il sottosuolo appartiene alla categoria B per approccio semplificato ai sensi del D.M. 17/01/08 ($V_{s30} = 427$ m/sec).
- In ragione della dominanza di sedimenti prevalentemente sabbioso-limosi e ghiaiosi, in variabile matrice limoso-argillosa, alternati ad orizzonti ghiaiosi, si verificano condizioni di rischio basso di liquefazione in condizioni sismiche, come confermato anche dalle verifiche eseguite con metodo semplificato.
- Ricadendo in area individuata a deflusso difficoltoso delle acque meteoriche, in fase di progettazione occorrerà prevedere l'adozione di idonei accorgimenti per prevenire fenomeni di allagamento in occasione di eventi meteorici a carattere eccezionale.

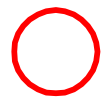
Fiorenzuola d'Arda, 30/03/2023

Studio Geologico Ambientale
Dr. Geol. Gabriele Corbelli





Legenda



Area di indagine

Elaborato :

COROGRAFIA

Committente :



COMUNE DI ALSENO
Piazza XXV Aprile, 1
29010 Alseno (PC)

Scala :
1:5.000

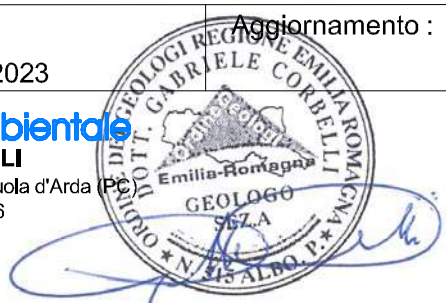
Data :
marzo 2023

Aggiornamento :

A cura di :

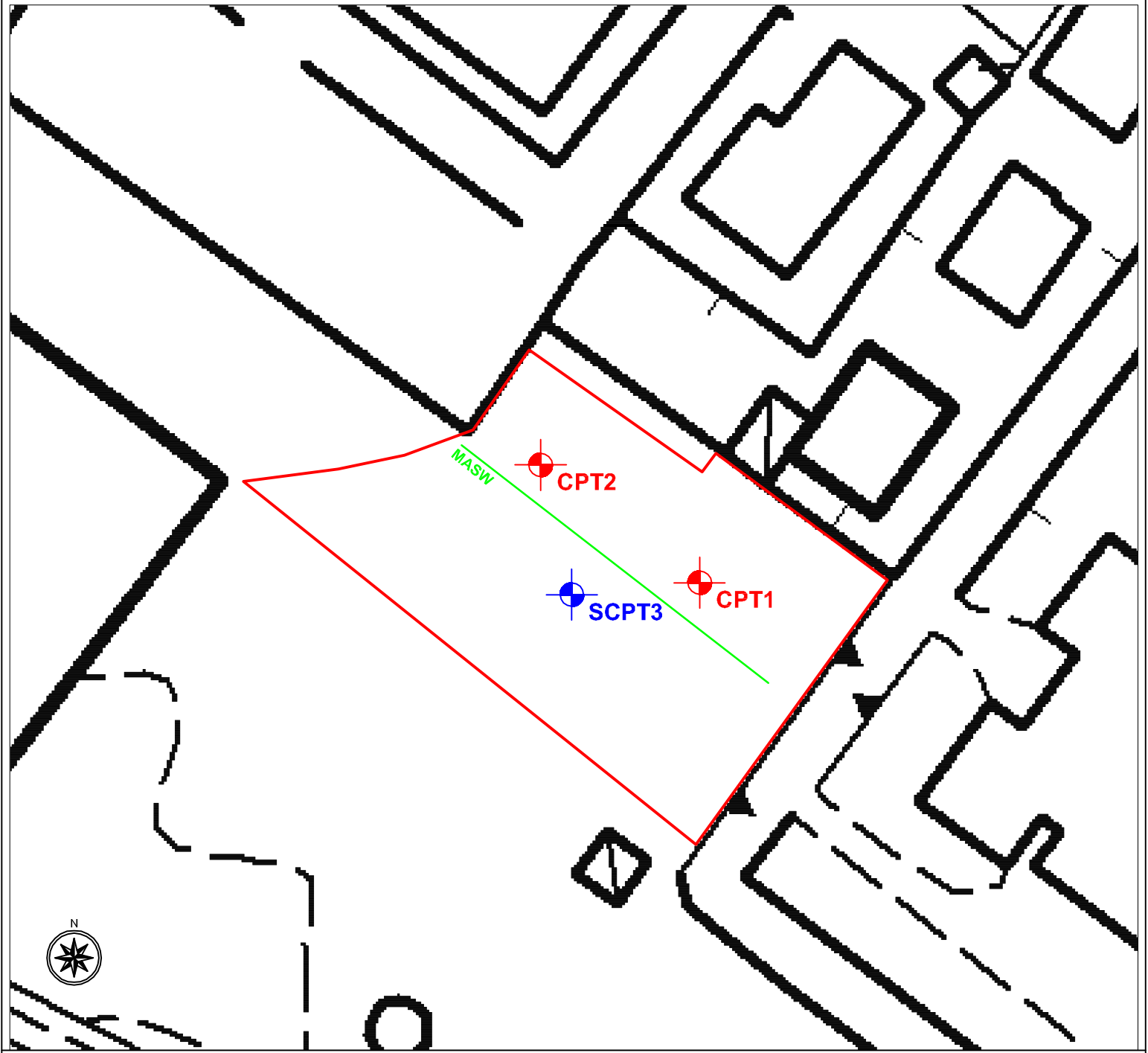






Studio Geologico Ambientale
Dr. Geol. GABRIELE CORBELLI
Corso Garibaldi, 80 - 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC)
Tel. 0523/944096 - Fax 0523-944096
E-mail: geo.corbelli@tiscali.it



Allegato :

1



Legenda	
	Area di indagine
	Prova CPT
	Prova SCPT
	Stendimento prova MASW

Elaborato :
UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOFISICHE

Committente :  **COMUNE DI ALSENO**
 Piazza XXV Aprile, 1
 29010 Alseno (PC)

Scala : 1:750	Data : Marzo 2023	Aggiornamento :
------------------	----------------------	-----------------

A cura di :  Studio Geologico Ambientale Dr.Geol. GABRIELE CORBELLI Corso Garibaldi, 80 - 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC) Tel. 0523/944096 - Fax 0523-944096 E-mail: geo.corbelli@tiscali.it		Allegato : 2
--	--	----------------------------

COMUNE DI ALSENO

PROVINCIA DI PIACENZA

**Realizzazione nuova mensa scolastica secondaria Alseno -
Finanziato in parte dall'Unione Europea "NEXTGENERATION EU
M4C1" – Intervento 1.2. - CUP E95E22000450001 CIG 9697604BF9**



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

Elaborato :

DOCUMENTAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Committente :



COMUNE DI ALSENO
Piazza XXV Aprile, 1
29010 Alseno (PC)

Data :
marzo 2023

Aggiornamento :

A cura di :



Studio Geologico Ambientale

Dr.Geol. GABRIELE CORBELLI
Corso Garibaldi, 80 - 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC)
Tel. 0523/944096 - Fax 0523-944096
E-mail: geo.corbelli@tiscali.it



Allegato :

3

PROVA PENETROM. STATICA CPT 1 DIAGRAMMI DI RESISTENZA

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - avan. 2cm/s - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10,00

Cantiere : Nuova Mensa

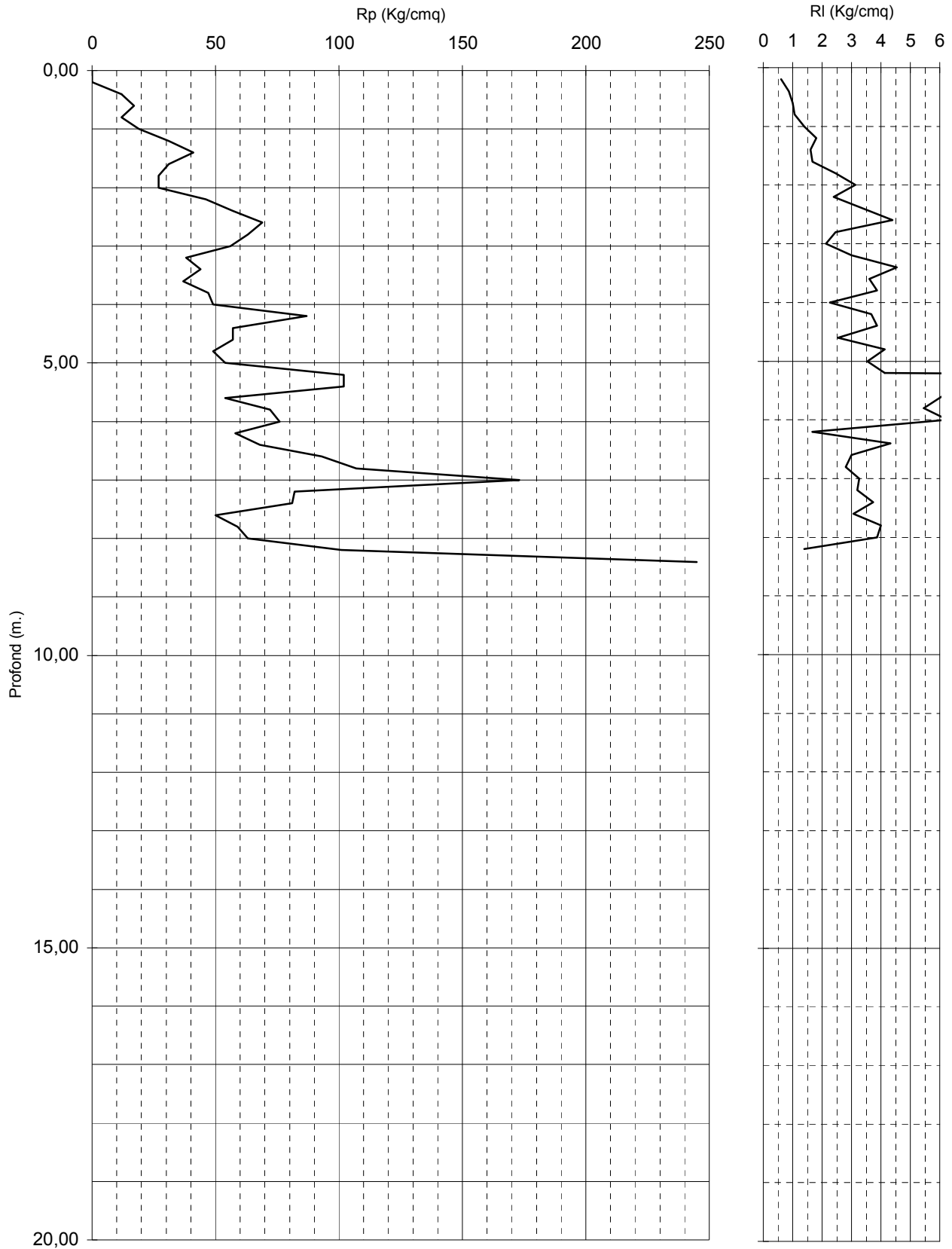
quota inizic.p.c.

Località : Alseno (PC)

prof. falda 10,00 da quota inizio

Note : falda non rilevata

data : 11/03/2023



PROVA PENETROM. STATICA CPT 1 VALUTAZIONI LITOLOGICHE

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - avan. 2cm/s - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10,00

Cantiere Nuova Mensa

quota inizio : p.c.

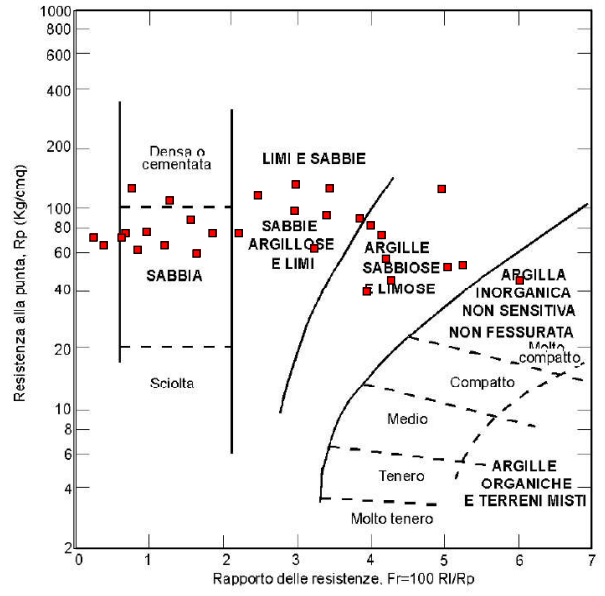
Località Alseno (PC)

prof. falda : 10,00 da quota inizio

Note : falda non rilevata

data : 11/03/2023

Profond.	Rp		Rp/Rl	FR	Litologia
	(kg/cm2)	Rl (kg/cm2)			
0,00 - 0,20					Begemann
0,20 - 0,40					Schmertmann
0,40 - 0,60	12	21	14	15	argilla org. - torba
0,60 - 0,80	17	30	17	10	limo e argilla inorg.
0,80 - 1,00	12	27	11	12	argilla org. - torba
1,00 - 1,20	19	35	14	9	argilla org. - torba
1,20 - 1,40	31	52	17	6	limo e argilla inorg.
1,40 - 1,60	41	68	26	4	limo e argilla inorg.
1,60 - 1,80	31	55	19	4	limo e argilla inorg.
1,80 - 2,00	27	52	11	11	argilla org. - torba
2,00 - 2,20	27	64	9	4	argilla org. - torba
2,20 - 2,40	46	93	19	1	limo e argilla inorg.
2,40 - 2,60	57	93	17	2	limo e argilla inorg.
2,60 - 2,80	69	120	16	4	limo e argilla inorg.
2,80 - 3,00	63	129	26	4	limo e argilla inorg.
3,00 - 3,20	56	93	26	4	limo e argilla inorg.
3,20 - 3,40	38	70	13	5	argilla org. - torba
3,40 - 3,60	44	89	10	2	argilla org. - torba
3,60 - 3,80	37	105	10	5	argilla org. - torba
3,80 - 4,00	47	101	12	3	argilla org. - torba
4,00 - 4,20	49	107	22	1	limo e argilla inorg.
4,20 - 4,40	87	121	24	1	limo e argilla inorg.
4,40 - 4,60	57	112	15	1	argilla org. - torba
4,60 - 4,80	57	115	23	2	limo e argilla inorg.
4,80 - 5,00	49	87	12	0	argilla org. - torba
5,00 - 5,20	54	116	15	0	limo e argilla inorg.
5,20 - 5,40	102	155	25	1	limo e argilla inorg.
5,40 - 5,60	102	164	2	3	argilla org. - torba
5,60 - 5,80	54	987	9	1	argilla org. - torba
5,80 - 6,00	72	163	13	3	argilla org. - torba
6,00 - 6,20	76	158	12	3	argilla org. - torba
6,20 - 6,40	58	152	35	1	limo sabb. - sabbia lim.
6,40 - 6,60	68	93	16	2	limo e argilla inorg.
6,60 - 6,80	93	158	31	2	limo sabb. - sabbia lim.
6,80 - 7,00	107	152	38	3	limo sabb. - sabbia lim.
7,00 - 7,20	173	215	53	8	limo sabb. - sabbia lim.
7,20 - 7,40	82	131	26	9	limo e argilla inorg.
7,40 - 7,60	81	129	22	16	limo e argilla inorg.
7,60 - 7,80	50	106	16	16	limo e argilla inorg.
7,80 - 8,00	59	105	15	16	argilla org. - torba
8,00 - 8,20	63	123	16	11	limo e argilla inorg.
8,20 - 8,40	101	159	72	5	sabbia - sabbia gh.
8,40 - 8,60	245	266			



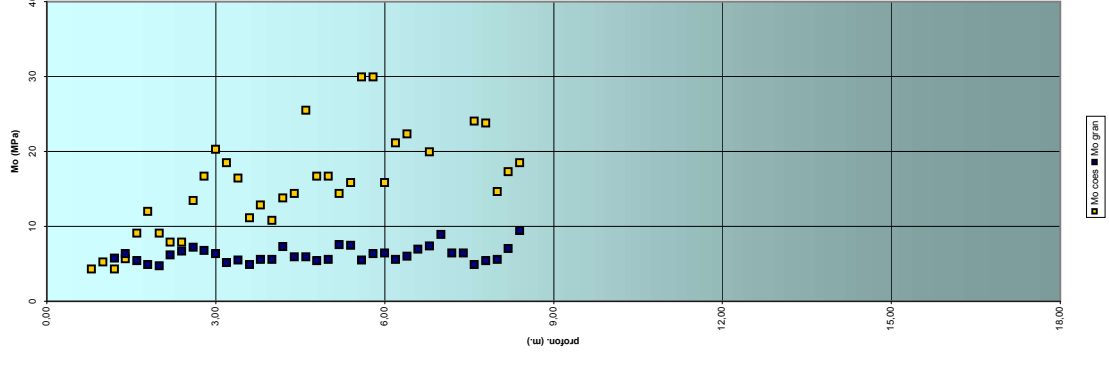
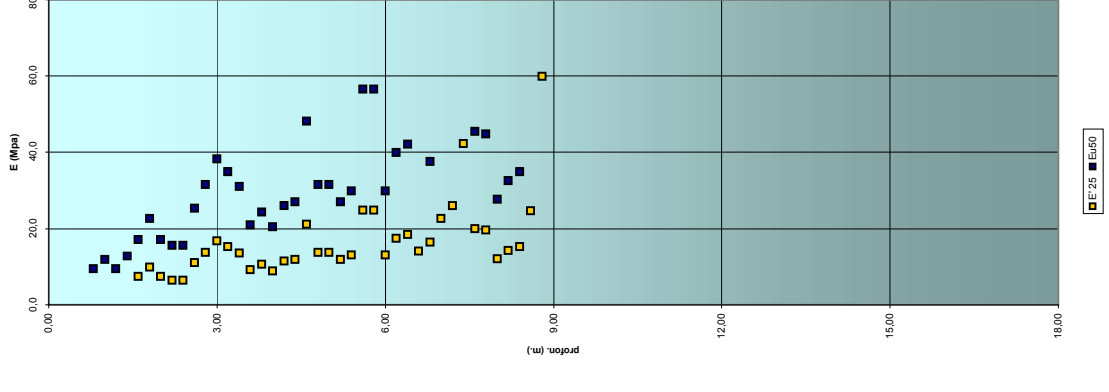
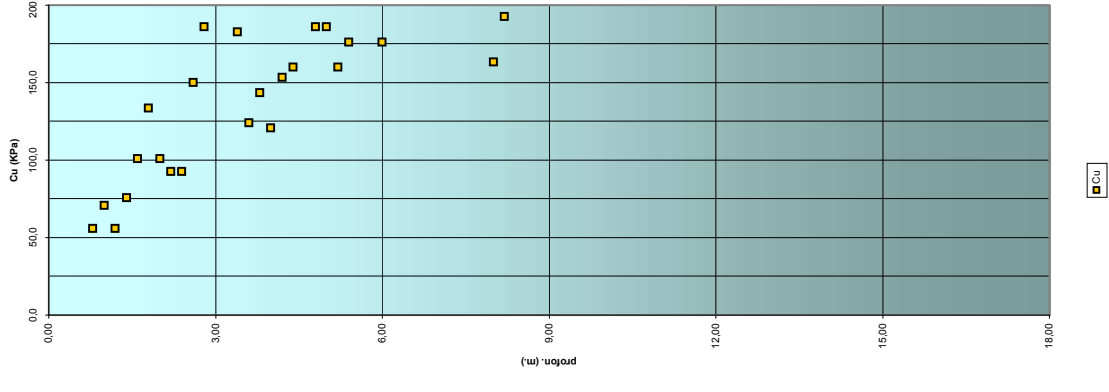
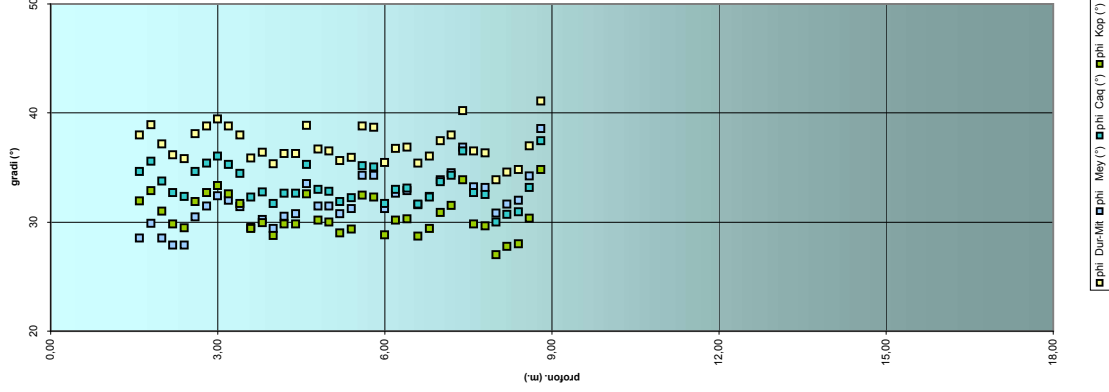
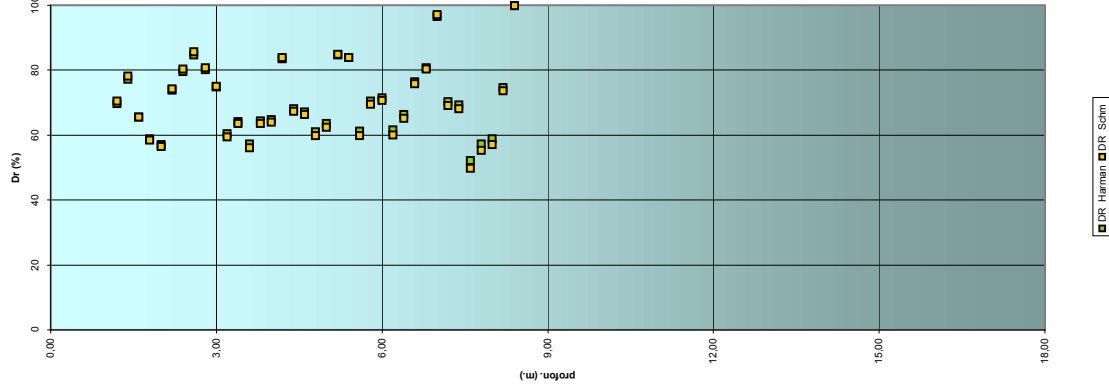
PROVA PENETROM. STATICA CPT 1 PARAMETRI GEOTECNICI DIAGRAMMI

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - avan. 2cm/s - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10,00

Cantiere : Nuova Mensa
Località : Aلسeno (PC)

quota inizi p.c. m. da quota inizio
prof. falda 10,00
data 11/03/2023

Note : falda non rilevata



PROVA PENETROM. STATICA CPT 1

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - avan. 2cm/s - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10,00

Cantiere : Nuova Mensa

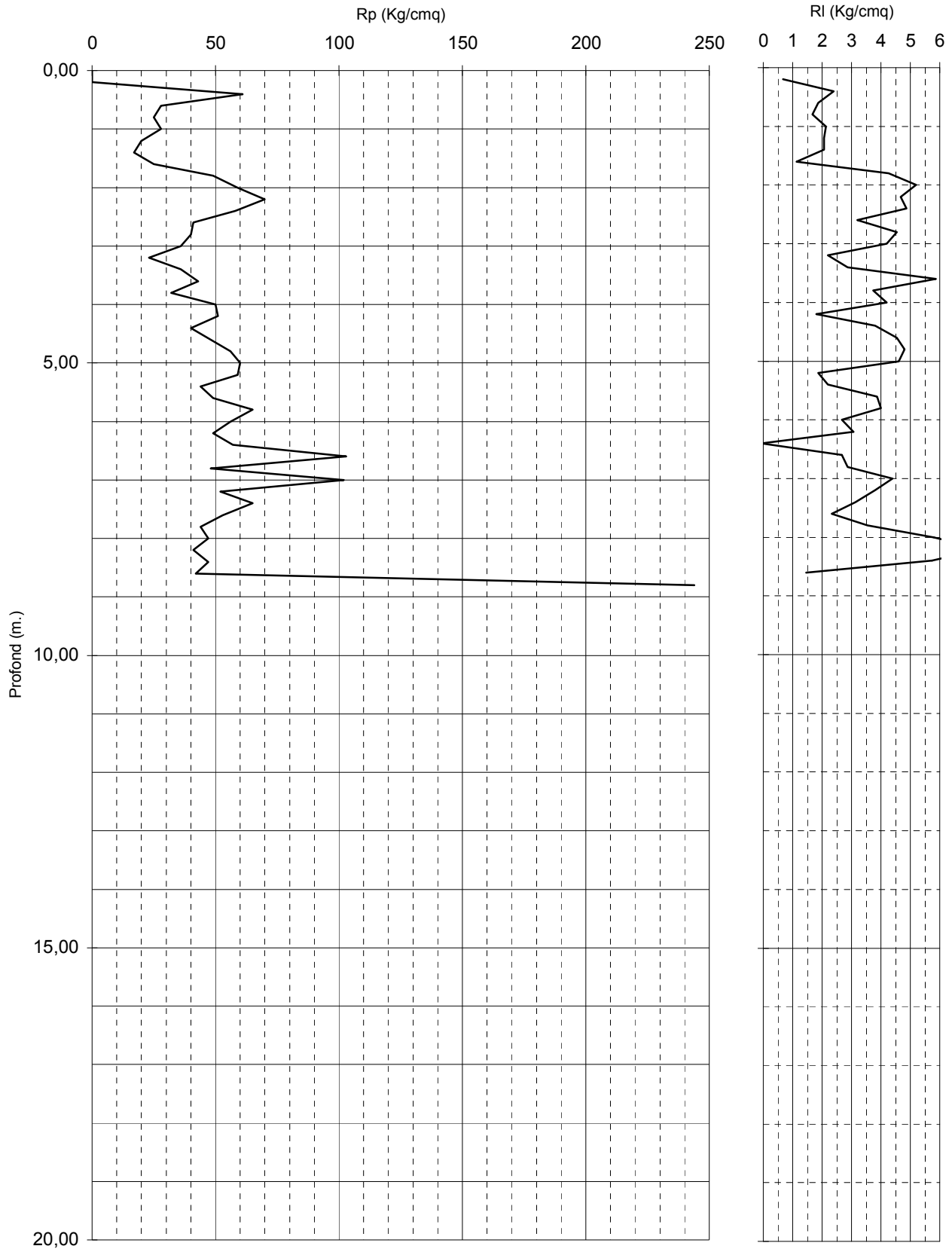
quota inizicp.c.

Località : Alseno (PC)

prof. falda 10,00 da quota inizio

Note : falda non rilevata

data : 11/03/2023



PROVA PENETROM. STATICA CPT 1
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - avan. 2cm/s - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10,00

Cantiere Nuova Mensa

quota inizio : p.c.

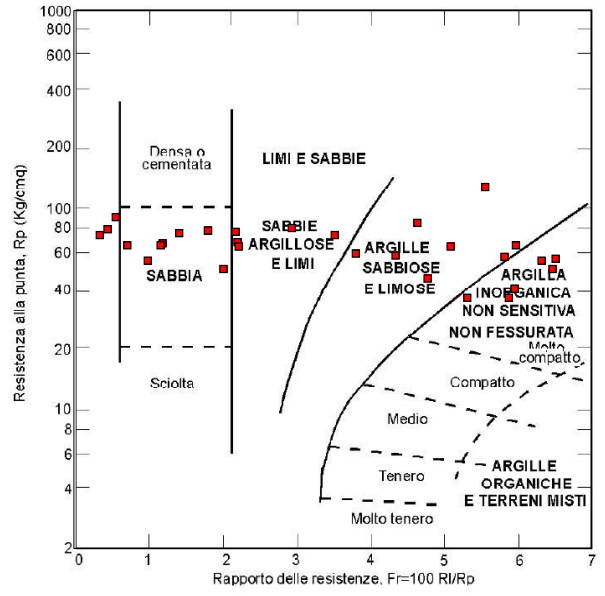
Località Alseno (PC)

prof. falda : 10,00 da quota inizio

Note : falda non rilevata

data : 11/03/2023

Profond.	Rp		Rp/Rl	FR	Litologia
	(kg/cm2)	Rl (kg/cm2)			
0,00 - 0,20					Begemann
0,20 - 0,40					Schmertmann
0,40 - 0,60	61	71	25	3	limo e argilla inorg.
0,60 - 0,80	28	64	15	6	limo e argilla inorg.
0,80 - 1,00	25	53	15	6	limo e argilla inorg.
1,00 - 1,20	28	53	13	6	argilla org. - torba
1,20 - 1,40	20	52	10	9	argilla org. - torba
1,40 - 1,60	17	48	8	10	argilla org. - torba
1,60 - 1,80	25	56	22	5	limo e argilla inorg.
1,80 - 2,00	49	66	11	6	argilla org. - torba
2,00 - 2,20	59	123	11	2	argilla org. - torba
2,20 - 2,40	70	148	15	1	limo e argilla inorg.
2,40 - 2,60	58	128	12	2	argilla org. - torba
2,60 - 2,80	41	114	13	7	argilla org. - torba
2,80 - 3,00	40	88	9	6	argilla org. - torba
3,00 - 3,20	36	104	9	6	argilla org. - torba
3,20 - 3,40	23	86	10	9	argilla org. - torba
3,40 - 3,60	36	69	13	2	argilla org. - torba
3,60 - 3,80	43	86	7	4	argilla org. - torba
3,80 - 4,00	32	120	9	5	argilla org. - torba
4,00 - 4,20	50	106	12	1	argilla org. - torba
4,20 - 4,40	51	114	28	2	limo e argilla inorg.
4,40 - 4,60	40	67	11	1	argilla org. - torba
4,60 - 4,80	48	105	11	2	argilla org. - torba
4,80 - 5,00	56	124	12	0	argilla org. - torba
5,00 - 5,20	60	132	13	0	argilla org. - torba
5,20 - 5,40	59	128	32	2	limo sabb. - sabbia lim.
5,40 - 5,60	44	72	20	4	limo e argilla inorg.
5,60 - 5,80	49	82	13	1	argilla org. - torba
5,80 - 6,00	65	123	16	5	limo e argilla inorg.
6,00 - 6,20	56	116	21	4	limo e argilla inorg.
6,20 - 6,40	49	89	16	1	limo e argilla inorg.
6,40 - 6,60	57	103	-855	1	argilla org. - torba
6,60 - 6,80	103	102	39	6	limo sabb. - sabbia lim.
6,80 - 7,00	48	88	17	5	limo e argilla inorg.
7,00 - 7,20	102	145	23	12	limo e argilla inorg.
7,20 - 7,40	52	118	14	11	argilla org. - torba
7,40 - 7,60	65	122	21	15	limo e argilla inorg.
7,60 - 7,80	53	100	23	21	limo e argilla inorg.
7,80 - 8,00	44	79	12	22	argilla org. - torba
8,00 - 8,20	47	100	8	27	argilla org. - torba
8,20 - 8,40	41	128	5	26	argilla org. - torba
8,40 - 8,60	47	159	8	31	argilla org. - torba
8,60 - 8,80	42	128	29	6	limo e argilla inorg.
8,80 - 9,00	244	266			



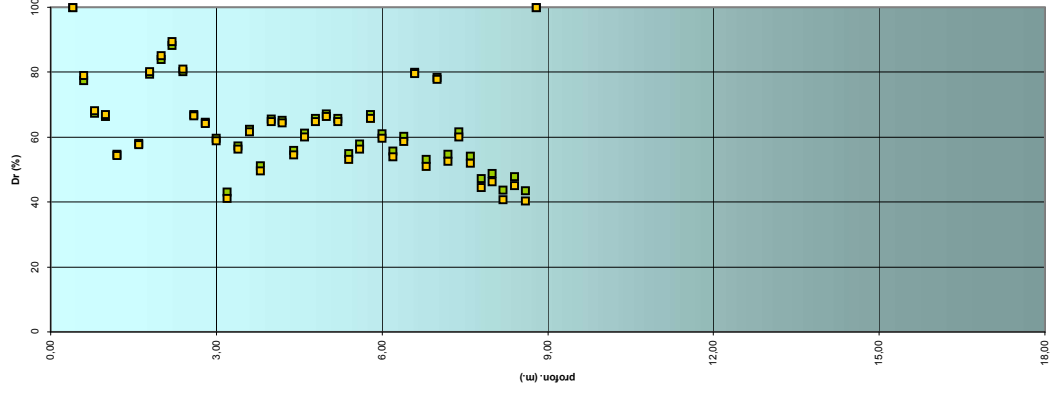
PROVA PENETROM. STATICA CPT 1 PARAMETRI GEOTECNICI DIAGRAMMI

PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - avan. 2cm/s - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10,00

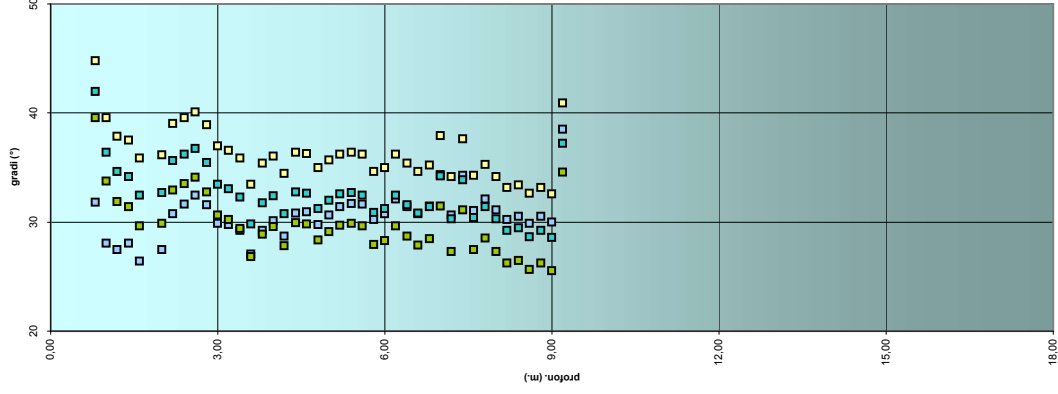
Cantiere : Nuova Mensa
Località : Aلسeno (PC)

quota inizi p.c. m. da quota inizio
prof. falda 10,00
data 11/03/2023

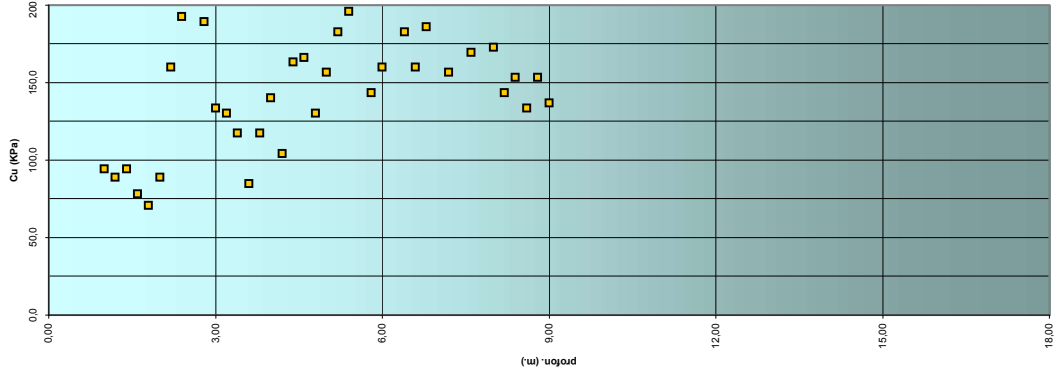
Note : falda non rilevata



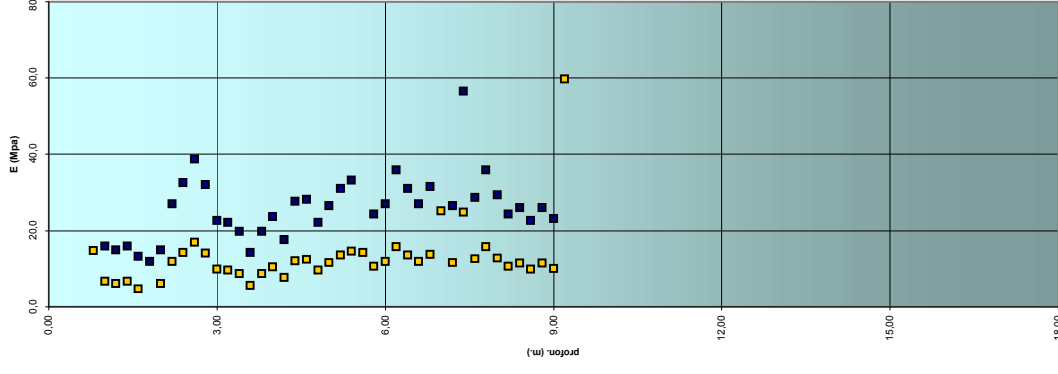
DR Hamann DR Schm



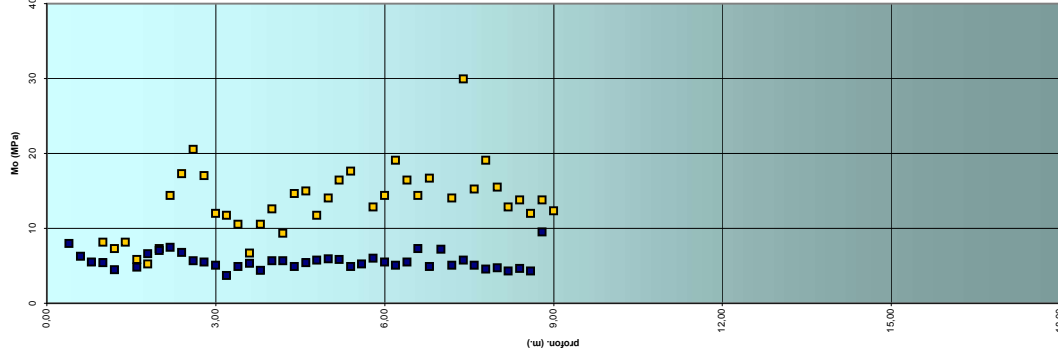
phi Dur-Mi phi Mes(°) phi Cat(°) phi Kop(°)



Cu



E 25 E 50



Mo coes Mo gran

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 3

TABULATO RESISTENZE PENETROMETRICHE

Cantiere : Nuova Mensa scolastica

quota inizio : p.c.

Località : Alseno - Via Dante Alighieri

prof. falda # 10,00 m. da p.c.

Note : falda non rilevata

data : 11/03/2023

Profond. (m.)		Nscpt	N'
0,00	- 0,30	3	
0,30	- 0,60	3	
0,60	- 0,90	3	
0,90	- 1,20	6	
1,20	- 1,50	4	
1,50	- 1,80	5	
1,80	- 2,10	9	
2,10	- 2,40	9	
2,40	- 2,70	9	
2,70	- 3,00	7	
3,00	- 3,30	5	
3,30	- 3,60	5	
3,60	- 3,90	7	
3,90	- 4,20	8	
4,20	- 4,50	6	
4,50	- 4,80	7	
4,80	- 5,10	8	
5,10	- 5,40	6	
5,40	- 5,70	6	
5,70	- 6,00	7	
6,00	- 6,30	7	
6,30	- 6,60	13	
6,60	- 6,90	8	
6,90	- 7,20	27	
7,20	- 7,50	32	
7,50	- 7,80	20	
7,80	- 8,10	16	
8,10	- 8,40	24	
8,40	- 8,70	23	
8,70	- 9,00	19	
9,00	- 9,30	20	
9,30	- 9,60	22	
9,60	- 9,90	21	
9,90	- 10,20		
10,20	- 10,50		

Profond. (m.)		Nscpt	N'
10,50	- 10,80		
10,80	- 11,10		
11,10	- 11,40		
11,40	- 11,70		
11,70	- 12,00		
12,00	- 12,30		
12,30	- 12,60		
12,60	- 12,90		
12,90	- 13,20		
13,20	- 13,50		
13,50	- 13,80		
13,80	- 14,10		
14,10	- 14,40		
14,40	- 14,70		
14,70	- 15,00		
15,00	- 15,30		
15,30	- 15,60		
15,60	- 15,90		
15,90	- 16,20		
16,20	- 16,50		
16,50	- 16,80		
16,80	- 17,10		
17,10	- 17,40		
17,40	- 17,70		
17,70	- 18,00		
18,00	- 18,30		
18,30	- 18,60		
18,60	- 18,90		
18,90	- 19,20		
19,20	- 19,50		
19,50	- 19,80		
19,80	- 20,10		
20,10	- 20,40		
20,40	- 20,70		
20,70	- 21,00		

Nscpt : n° colpi punta

N' : n° colpi rivestimento

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 3

DIAGRAMMA RESISTENZE PENETROMETRICHE

Cantiere : Nuova Mensa scolastica

quota inizio : p.c.

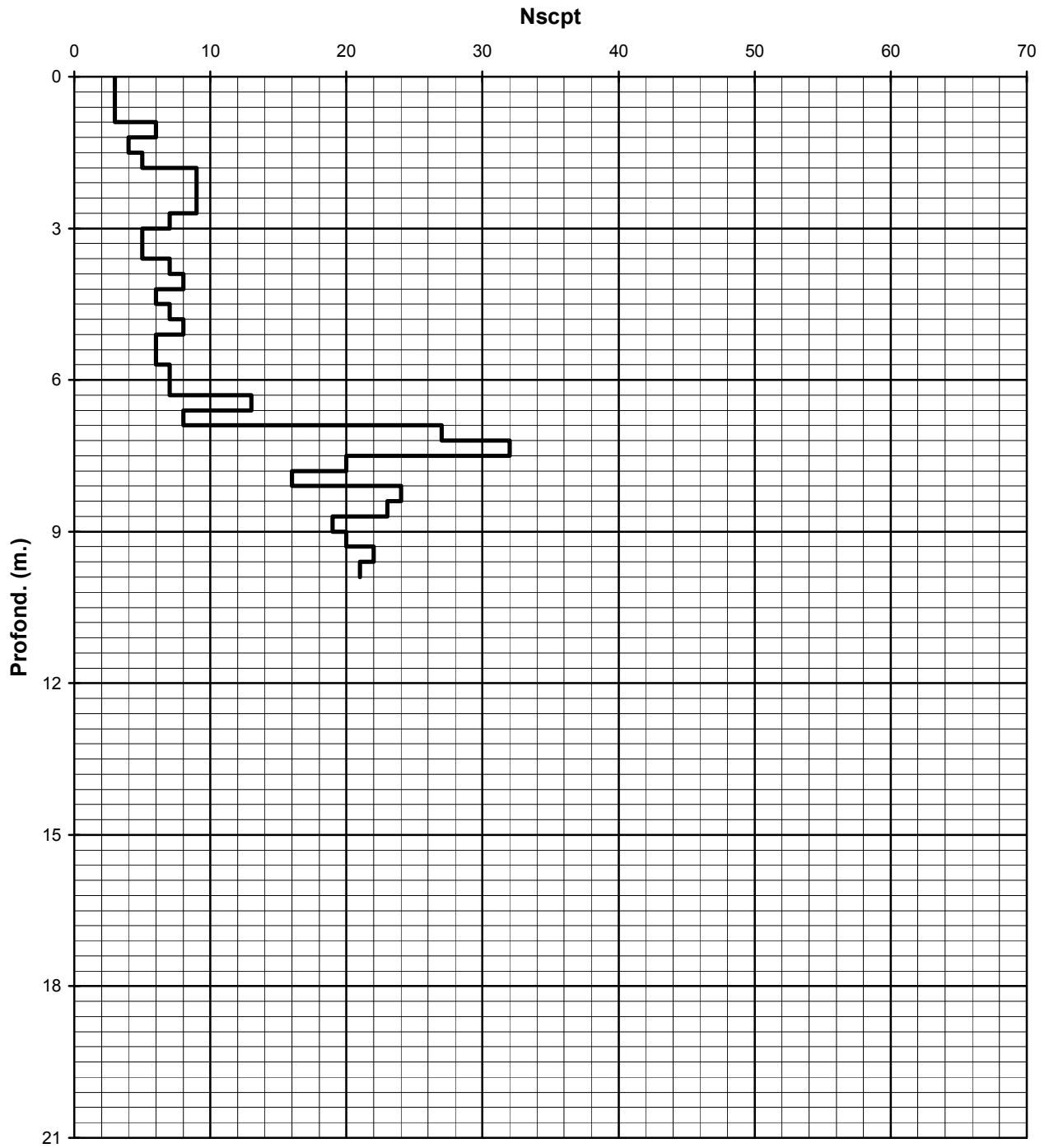
Località : Alseno - Via Dante Alighieri

prof. falda : 10,00 m.

Note : falda non rilevata

data : 11/03/2023

Numero colpi punta



— N° colpi punta

COMUNE DI ALSENO

PROVINCIA DI PIACENZA

**Realizzazione nuova mensa scolastica secondaria Alseno -
Finanziato in parte dall'Unione Europea "NEXTGENERATION EU
M4C1" – Intervento 1.2. - CUP E95E22000450001 CIG 9697604BF9**



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

Elaborato :

DOCUMENTAZIONE PROVA MASW

Committente :



COMUNE DI ALSENO
Piazza XXV Aprile, 1
29010 Alseno (PC)

Data :
marzo 2023

Aggiornamento :

A cura di :



Studio Geologico Ambientale

Dr.Geol. GABRIELE CORBELLI

Corso Garibaldi, 80 - 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC)

Tel. 0523/944096 - Fax 0523-944096

E-mail: geo.corbelli@tiscali.it



Allegato :

4

PROVA MASW

Per la determinazione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro la profondità di 30 m. dalla superficie (V_{s30}) è stato impiegato la tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave).

E' una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della modalità di propagazione delle onde di superficie (surface wave) o onde di Rayleigh nel sottosuolo permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio Sh . Questa tecnica viene spesso utilizzata in quanto meno penalizzata da ambienti rumorosi.

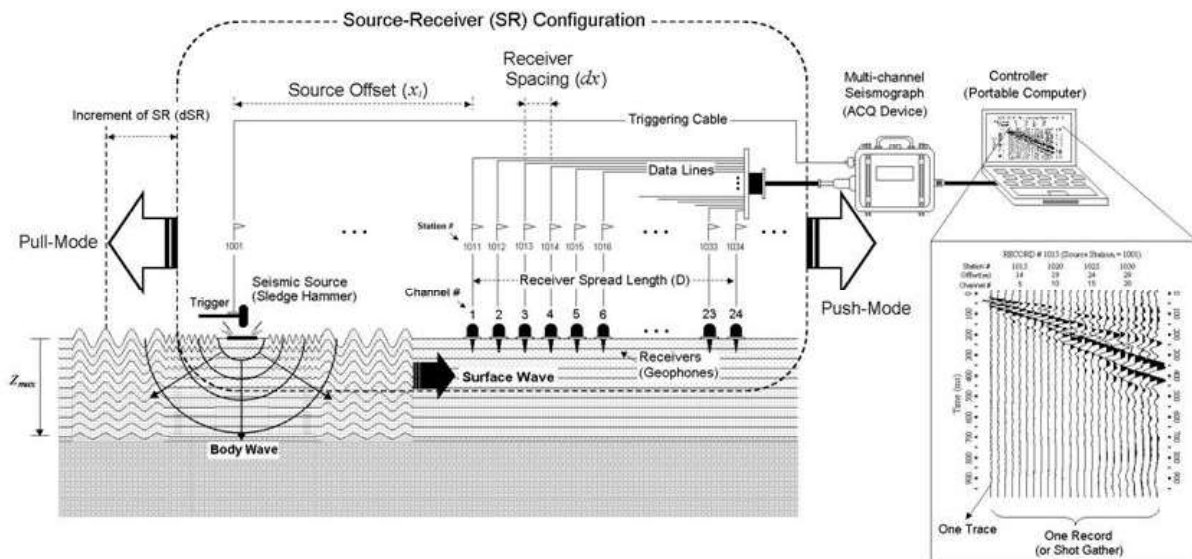


Figura 1 - Schematizzazione prospezione MASW

La prospezione sismica utilizza l'energia sismica immessa nel terreno mediante un'energizzazione (battuta di una mazza su di una piastra metallica poggiata sul terreno) che torna in superficie dopo aver percorso il sottosuolo lungo le traiettorie dei raggi rifratti.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12 o 24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 0,5 e 2 m che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione dislocati tipicamente ad una distanza (offset) compreso fra 2 e 10 m dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni.

Le caratteristiche di un'acquisizione per la tecnica MASW prevede una o più energizzazioni registrate per tempi di 1-2 sec con intervallo di campionamento di 250 μ s-1ms.

Dal sismogramma, note le caratteristiche geometriche dell'acquisizione, si ottiene lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale l'operatore individua la curva di dispersione.

La curva di dispersione viene sottoposta ad un processo di inversione basato su complessi algoritmi genetici che lavorano in un campo assegnato dall'operatore di ΔV (range di variazione della velocità) e Δp (range di variazione dello spessore di terreno a velocità "costante") che porta

all'elaborazione di un modello del terreno espresso nel grafico profondità-velocità delle onde Sh con il relativo calcolo della Vs30

Nel caso in esame a prova MASW è stata effettuata utilizzando la seguente strumentazione

- sismografo Geode –Geometrics : sismografo modulare a 24 bit ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec con un array lineare di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (4,5 Hz) con equidistanza di 2 m..
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 46 mt con 24 takeouts SPT-21 a 2 metri di intervallo ed una code da 6 mt terminata con connettore Bendix 61S,
- Geofoni 4,5 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile.

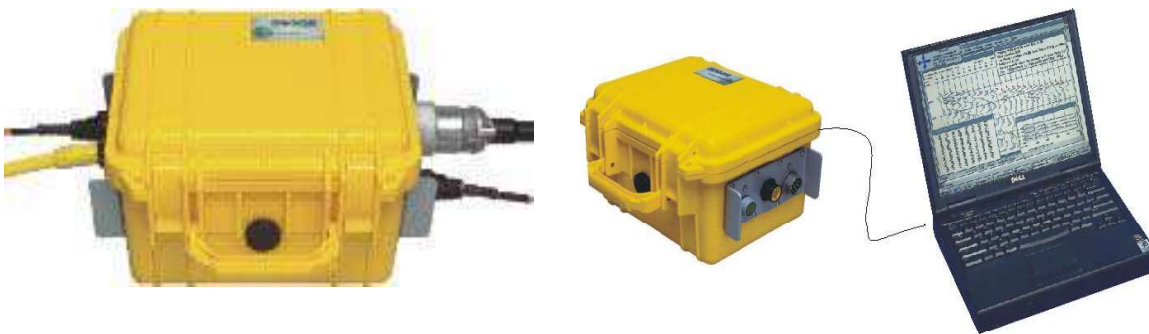


Figura 2 - Sismografo Geode Geometrics impiegato per le prospezioni MASW

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2,0 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 5 -10 m dal primo e dall'ultimo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008); l'acquisizione è stata effettuata variando l'intervallo di campionamento (sample rate) da 0,25 ms a 1 ms per una durata (record length) di 1 s.



Figura 3 - - Foto punto di esecuzione prospezione geofisica MASW.

Nelle figure seguenti vengono rappresentati i sismogrammi di registrazione, e lo spettro di velocità calcolato, per la registrazione che ha mostrato il migliore risultato, corrispondente alla seguente configurazione :

Distanza intergeofonica (m)	2,0
Offset punto di energizzazione (m)	5,0
Intervallo di campionamento (ms)	1,0
Tempo di campionamento (s)	1,0

Il processo di inversione della curva di dispersione consente di ricostruire l'andamento del profilo verticale della velocità V_s ; il diagramma di velocità evidenzia la presenza di sismostrati di medio-bassa velocità (V_s 128-200 m/s) fino alla profondità stimata di circa 5 m dal p.c., seguiti da sismostrati a velocità media (V_s 407 m/s) e medio-alta (514-564 m/s) fino a profondità di circa 21 m, attribuibili a depositi ghiaiosi addensati, dove si registra una riduzione di velocità attribuibile a ad un cambio litologico, segnalato anche dalle perforazioni eseguite in zona.

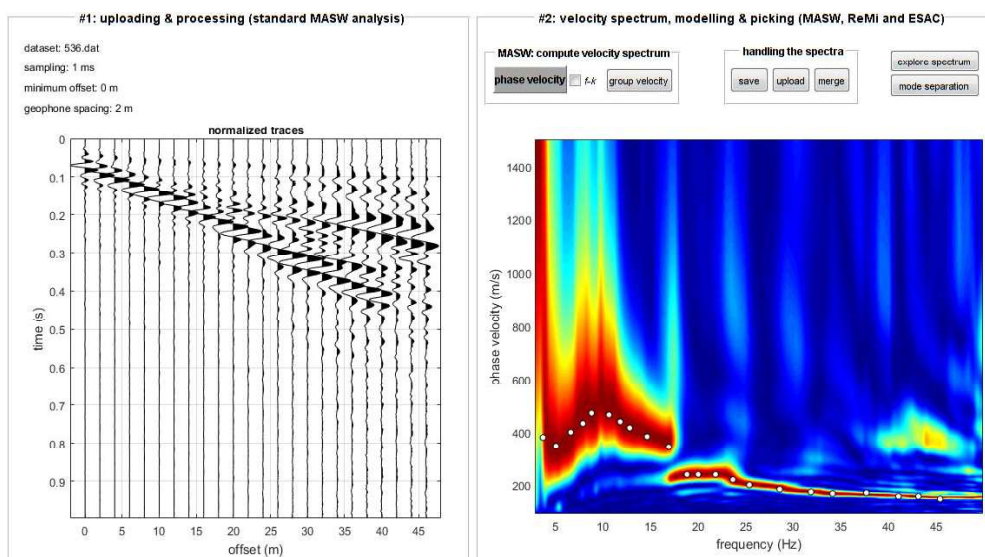


Figura 4 - Sismogrammi di registrazione e spettro di velocità MASW

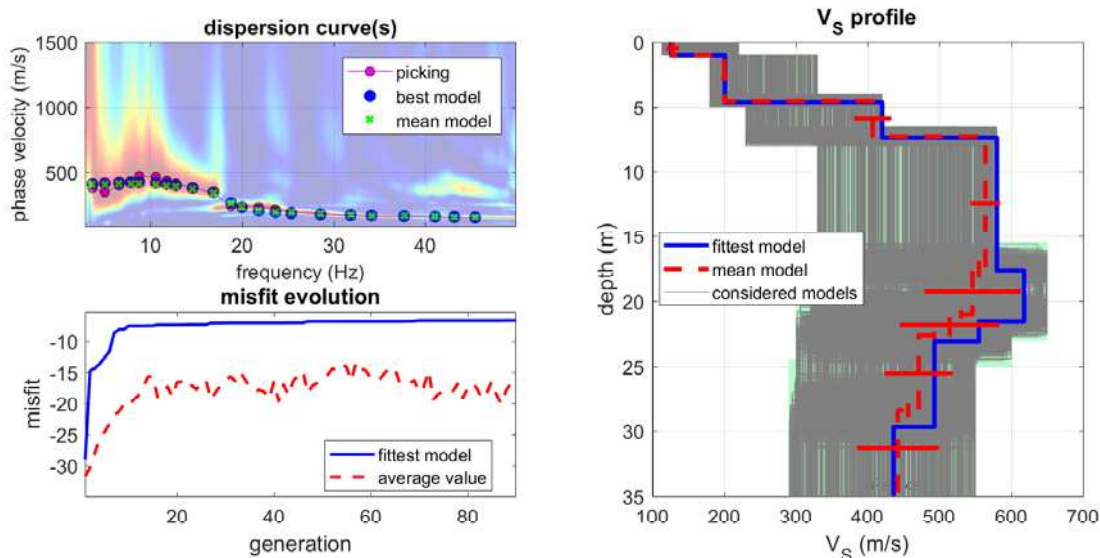


Figura 5 - Curva di dispersione e modelli di calcolo MASW

I risultati ottenuti relativamente al modello medio (**mean model**) sono i seguenti :

Mean model

Strato	1	2	3	4	5	6	7	8
Vs (m/s)	128	200	407	564	546	514	471	442
Standard deviations (m/s)	9	5	26	21	67	69	48	57
Thickness (m):	1.0	3.5	2.8	10.2	3.5	1.6	5.8	
Standard deviations	0.0	0.2	0.1	0.6	0.3	0.3	0.5	
Density (gr/cm3):	1.73	1.84	1.99	2.07	2.08	2.04	2.02	2.01
Shear modulus (Mpa)	28	74	329	657	622	540	449	392

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Strato	1	2	3	4	5	6	7	8
Vp (m/s)	266	416	761	1055	1137	962	881	827
Poisson	0.35	0.35	0.30	0.30	0.35	0.30	0.30	0.30

La velocità equivalente delle onde di taglio Vs30 è stata calcolata secondo l'espressione

$$V_s \text{ eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i/V_{s_i}}$$

ove h_i = spessore in mt, dello strato i-esimo

V_{s_i} = velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo

N = n° di strati

H = profondità del substrato caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s

Tenendo conto di una profondità ipotizzata ad almeno 1,0 m dal p,c, e di una profondità del substrato >30 m dall'elaborazione della prova Masw eseguita si ottiene un valore di

$$V_s 30 = 427 \text{ m/s}$$

Il sottosuolo in esame sulla base della classificazione di cui al D,M, 17/01/18 con approccio semplificato viene pertanto fatto rientrare nella seguente :

Categoria B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s,
--------------------	--

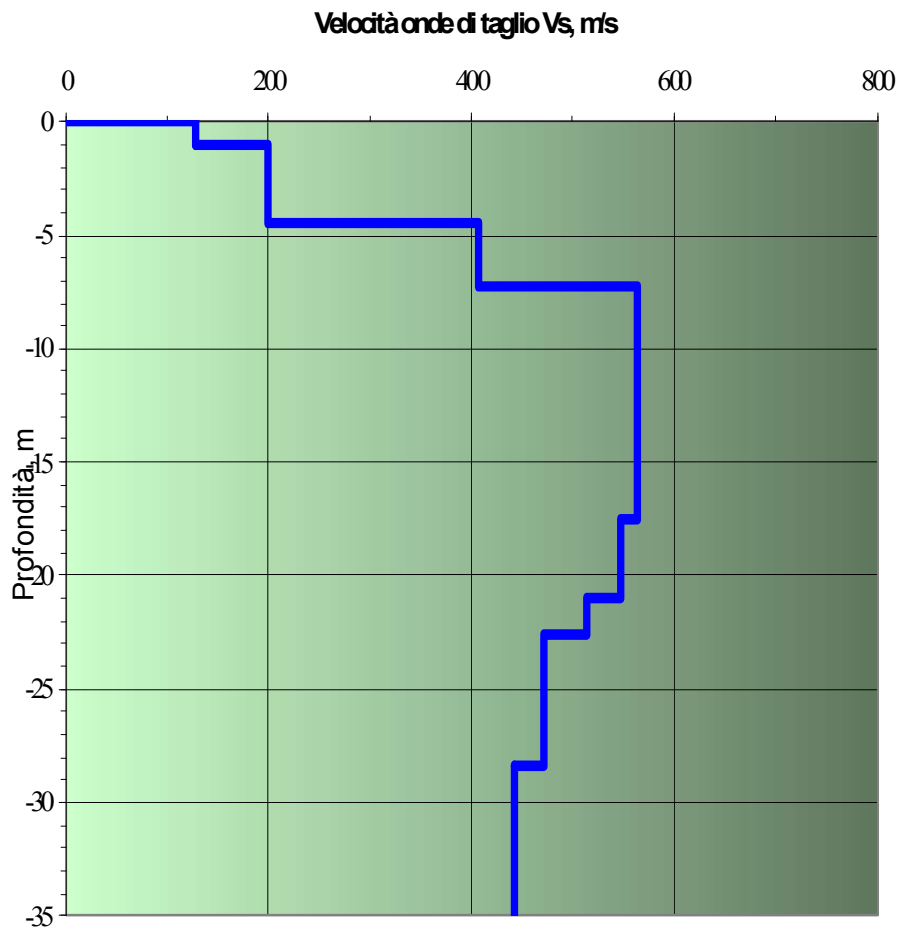


Figura 6 - Diagramma di velocità V_s – Sito Alseno – Mensa Sucola Primaria