aggiornato luglio 2020

RICHIESTA DI ASSENSO ARCHEOLOGICO PREVENTIVO
per realizzare interventi in aree soggette a vincolo archeologico

Allo Ufficio Sportello Unico Edilizia e Controlli

(per il successivo inoltro)
-Alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Bologna e per le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara
-Al Responsabile Ufficio Carta Archeologica del Museo Civico di Modena

Io sottoscritto Edoardo Ranuzzini

residente a Modena in via Bentivoglio 20

in qualità di (proprietario/legale rappresentate/altro titolo legittimante…) Professionista Incaricato da soc. Molini di Modena SPA

dell'immobile/ del terreno sito

a Modena

in via Strada Attiraglio n. 44

identificato al foglio 81 mappale 18 subalterno 7-9

PREMESSO CHE:

il comparto/terreno/fabbricato risulta soggetto a vincolo urbanistico-archeologico di tipo nessuno (art.53 LR 24/17),

presente su tutta l'area/presente sulla porzione del lotto nessuno (art.53 LR 24/17)

l'intervento che si intende realizzare riguarda la realizzazione di Silos atti al contenimento di farina uso aliment.

(inserire una descrizione della tipologia dell'intervento e delle modalità di realizzazione);

CHIEDE il rilascio dell'ASSENSO ARCHEOLOGICO PREVENTIVO

Alla presente allega:

1.Ubicazione dell'area dell'intervento;

2. Relazione tecnica con sintetica descrizione degli interventi edilizi da effettuare (tipologia dell'intervento, modalità di esecuzione, localizzazione e indicazione di profondità delle aree soggette ad interventi di escavazione);

3. Elaborati grafici di progetto (planimetrie e sezioni con particolare riferimento alla ubicazione e alla profondità delle escavazioni da realizzare).

4.Relazione geologica e documentazione di eventuali prove geognostiche (se disponibili).

Luogo e data	Il soggetto richiedente
Modena, 30/09/2022	

CHIARIMENTI sulle procedure per l'acquisizione dell'ASSENSO ARCHEOLOGICO PREVENTIVO, per realizzare interventi in aree soggette a vincolo archeologico

La Carta Archeologica del Comune di Modena è inserita nel quadro Conoscitivo del PSC vigente e costituisce la base di riferimento per l'applicazione della tutela dei beni archeologici.
Il Testo Coordinato delle norme di PSC-POC-RUE contiene le disposizioni relative alla Tutela dei Siti di interesse archeologico (Parte VII – Capo XVIII, Artt. 18.0-18.5) e alla Tutela del paesaggio storico centuriato (elementi e persistenze della centuriazione) (Parte IV – Capo XII, Artt. 13.18-13.20.

La richiesta di Assenso archeologico, necessario per realizzare interventi in aree soggette a vincolo di tutela, va redatta in duplice copia, utilizzando il presente modulo, e presentata allo Sportello Unico Edilizia. Lo Sportello provvede alla trasmissione al Museo Civico di Modena, che, a sua volta, invia la richiesta, integrata dalle informazioni archeologiche e storiche note, alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Bologna e per le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara, la quale a seconda dei casi potrà rilasciare:

1. direttamente **l'assenso archeologico**,

2. Oppure richiedere la esecuzione di indagini integrative (sondaggi archeologici preventivi, saggi di scavo, ecc.);

3.oppure **l'assenso archeologico condizionato a specifiche prescrizioni**, come ad esempio il controllo in corso d'opera da parte di archeologi, esecuzione di sondaggi e tutti gli interventi necessari alla tutela che la Soprintendenza riterrà opportuno eseguire per determinare la consistenza del rischio archeologico). A conclusione dell'esecuzione delle prescrizioni rilasciate, la Soprintendenza, solo su diretta richiesta dell'interessato, rilascerà l'**Assenso archeologico conclusivo**.

Lo Sportello Unico 'Edilizia comunicherà al Richiedente il parere rilasciato dalla Soprintendenza.
In caso di pratiche che richiedano un Permesso di Costruire la richiesta di assenso archeologico può essere avanzata direttamente al Museo Civico direttamente dal progettista / proprietario/legale rappresentante anche in fase di rilascio.

Nel caso di **varianti** riguardanti posizionamento e profondità degli scavi è necessario ripresentare allo Sportello Unico Edilizia la documentazione di progetto aggiornata. Sarà comunicato al richiedente l'eventuale necessità di presentare una nuova richiesta di assenso archeologico.

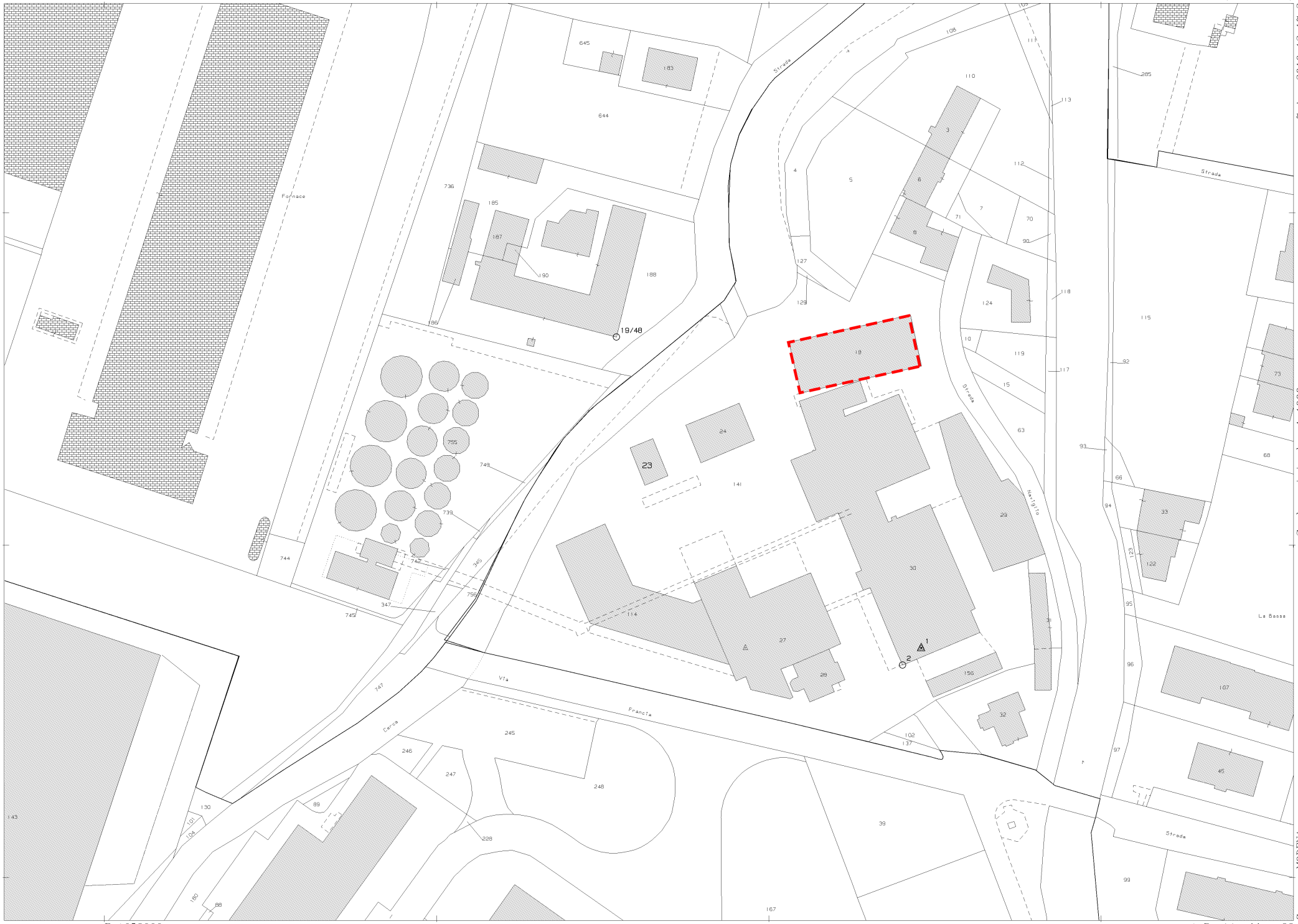
Prima di presentare richiesta di Assenso Archeologico è possibile contattare direttamente il Museo Civico Archeologico Etnologico per consulenza in merito ad una valutazione preventiva del rischio archeologico, per definire possibili soluzioni progettuali e per sottoporre alla competente Soprintendenza richieste per l'esecuzione di verifiche archeologiche preventive (ad es. carotaggi). Il Richiedente può contattare il Museo anche per informazioni sulle procedure.

PER CONTATTI:
Museo Civico – Servizio Carta Archeologica
Silvia Pellegrini
Piazza S. Agostino 337 – 41121 Modena
tel 059.203.4825 o 059.2033122
Pec museocivico@cert.comune.modena.it
e-mail: silvia.pellegrini@comune.modena.it

Allegati 1
PDC in variante urbanistica
Molini di Modena S.P.A.

Ubicazione Intervento

Vis. tel.(0.90 euro)



7-Ago-2019 12:17:3
Prot. n. T100069/2019

Scala originale: 1:1000
Dimensione cornice: 388.000 x 276.000 metri

Comune: MODENA
Foglio: 81

N=4947700

E=1653900

1 Particella: 23

Comune di Modena

Realizzazione Silos per deposito farine
Via Attiraglio 44

IL TECNICO

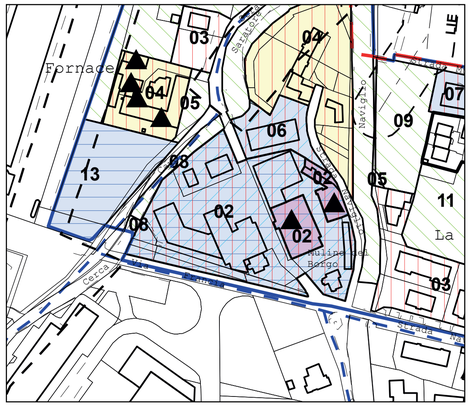
Architetto Edoardo Ranuzzini
Via Bentivoglio 20, 41122 Modena |
edoardo.ranuzzini@gmail.com

LA COMMITTENZA

Molini di Modena S.P.A.

TAVOLA
Planimetria generale 1:500
Focus oggetto di intervento 1:200
Analisi Z.E. di rif. 2190

MODENA, 30/09/2022



III - Ambito da riqualificare

a - Aree di riequilibrio dei tessuti carenti

Zona Elementare N. 2190

Ex Zona Territoriale Omogenea: G

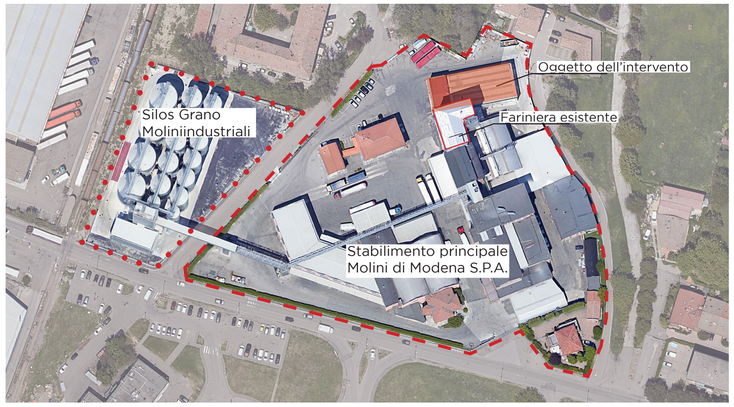
Ubicazione: Modena Nord - Via Albareto

Area 06:

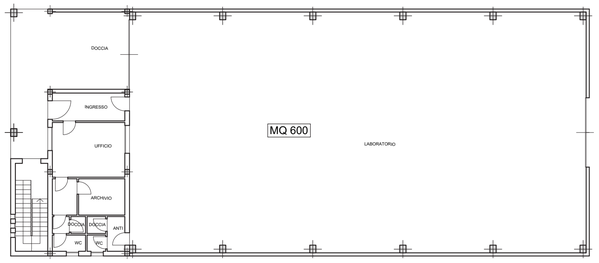
Destinazioni Ammesse: A/0 - A/10 - C/2 - C/3

Altezza Massima per funzioni produttive: 4 p+pt (3,5*4 + 8=22 m)

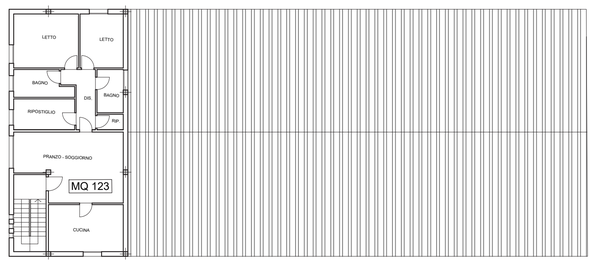
Capacità Insediativa per funzioni produttive: 500 mq



Planimetria generale Stato di Fatto
Scala 1:500



Area d'Intervento PT
Foglio 81 Mappale 18 Sub 9
Destinazione D1
Superficie totale PT = 600 mq
Scala 1:200



Area d'Intervento P1
Foglio 81 Mappale 18 Sub 7
Destinazione A3
Superficie Totale P1 = 123 mq
Scala 1:200

Comune di Modena

Realizzazione Silos per deposito farine
Via Attiraglio 44

IL TECNICO

Architetto Edoardo Ranuzzini
Via Bentivoglio 20, 41122 Modena |
edoardo.ranuzzini@gmail.com

LA COMMITTENZA

Molini di Modena S.P.A.

TAVOLA

Planimetria generale 1:500
Focus distanza dai confini 1:200

MODENA, 01/12/2021

T2

Fotomontaggio Nuova Costruzione - Vista 3D Google

Fotomontaggio Nuova Costruzione - Prospetto Ovest

Planimetria generale
Scala 1:500

Focus distanza dal confine nuovo fabbricato
Scala 1:200

Allegato 2
PDC in variante urbanistica
Molini di Modena S.P.A.

Relazione Tecnica

Data: 30/09/2022

Comune di Modena
Settore trasformazione urbana e qualità edilizia
Sportello Unico per le attività produttive

Oggetto: costruzione batteria silos della Molini di Modena Spa in Modena Strada Attiraglio 44.

Il sottoscritto Edoardo Ranuzzini iscritto all'Ordine degli Architetti della provincia di Modena al n°1285 su incarico ricevuto dalla soc. Molini di Modena Spa espone la seguente

RELAZIONE TECNICA

L'intervento in progetto prevede la costruzione di una batteria di silos atti a contenere farina per alimentazione umana.

La struttura portante sia orizzontale che verticale sarà realizzata in c.a. coibentata esternamente con rivestimento a cappotto.

L'altezza dei silos sarà di ml 26.70 per le celle di stoccaggio.

L'altezza complessiva sarà di ml 31.45.

Si prevede di realizzare un sistema di fondazione a platea, di un metro di profondità rispetto al piano di campagna, posato su una palificata realizzata mediante elementi diaframma rettangolari 80/90 x 40 cm della lunghezza complessiva di 25 m. Si ragigunge quindi una profondità totale di 26 m come esplicato sia negli elaborati grafici che nella relazione strutturale preliminare in allegato.

Come evidenziato negli allegati grafici l'altezza complessiva è dettata dalla esigenza di collocare sulla sommità delle celle impianti tecnologici per il funzionamento del processo di stoccaggio e miscelazione delle farine nei silos.

La nuova costruzione sorgerà sul lato Nord della proprietà sull'area di sedime di un fabbricato ad uso deposito ed uffici che verrà demolito. Le nuove fariniere saranno costruite quindi in linea con quelle esistenti (realizzate nel 2014).

Il tecnico
Arch. Edoardo Ranuzzini

CONSERVATORI • ORDINE DEGLI ARCHITETTI PIANIFICATORI PAESAGGISTI PROVINCIA DI MODENA ARCHITETTO EDOARDO RANUZZINI 1285

Allegati 3
PDC in variante urbanistica
Molini di Modena S.P.A.

Elaborati grafici di progetto

Comune di Modena

Realizzazione Silos per deposito farine
Via Attiraglio 44

IL TECNICO

Architetto Edoardo Ranuzzini
Via Bentivoglio 20, 41122 Modena | 3426228560
edoardo.ranuzzini@gmail.com

LA COMMITTENZA

Molini di Modena S.P.A.

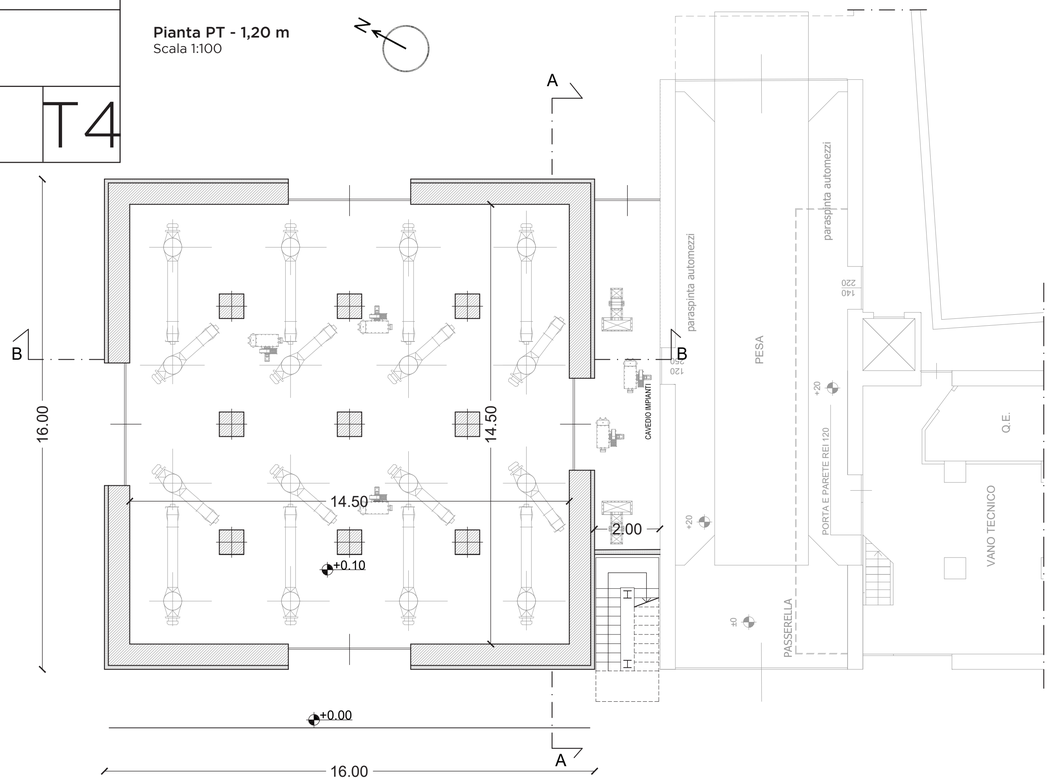
TAVOLA

Piante di progetto
Scala 1:100

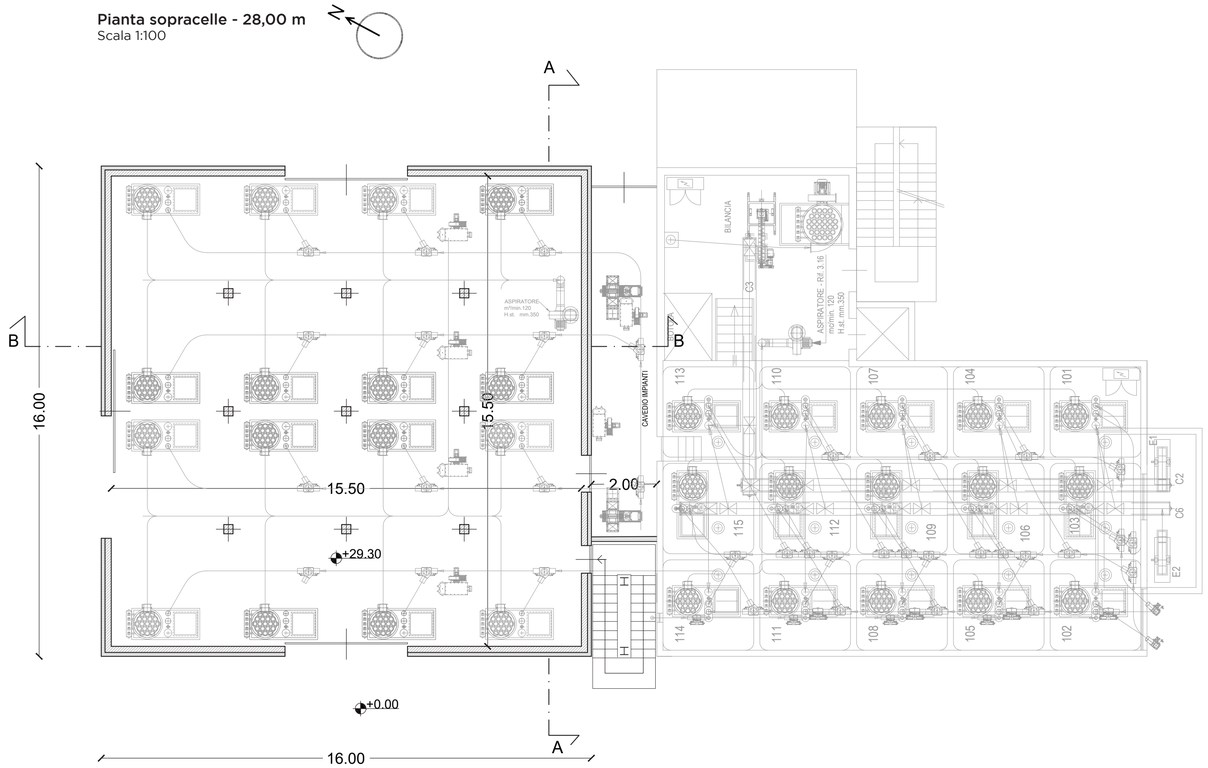
MODENA, 01/12/2021

T4

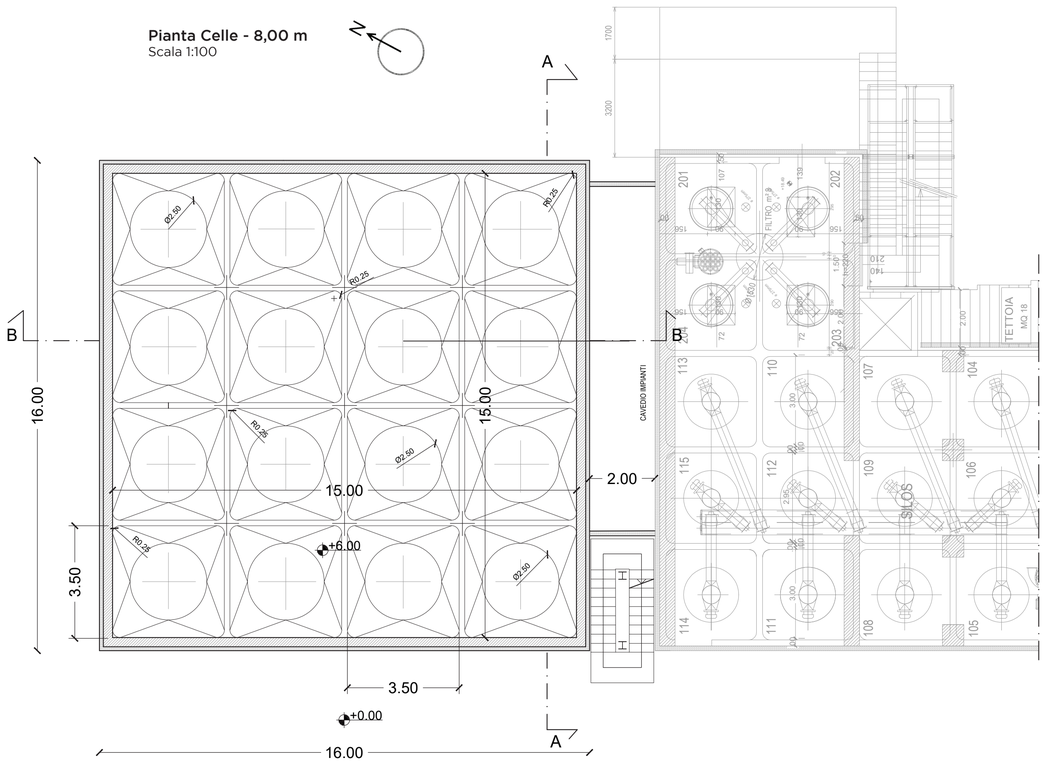
Pianta PT - 1,20 m
Scala 1:100



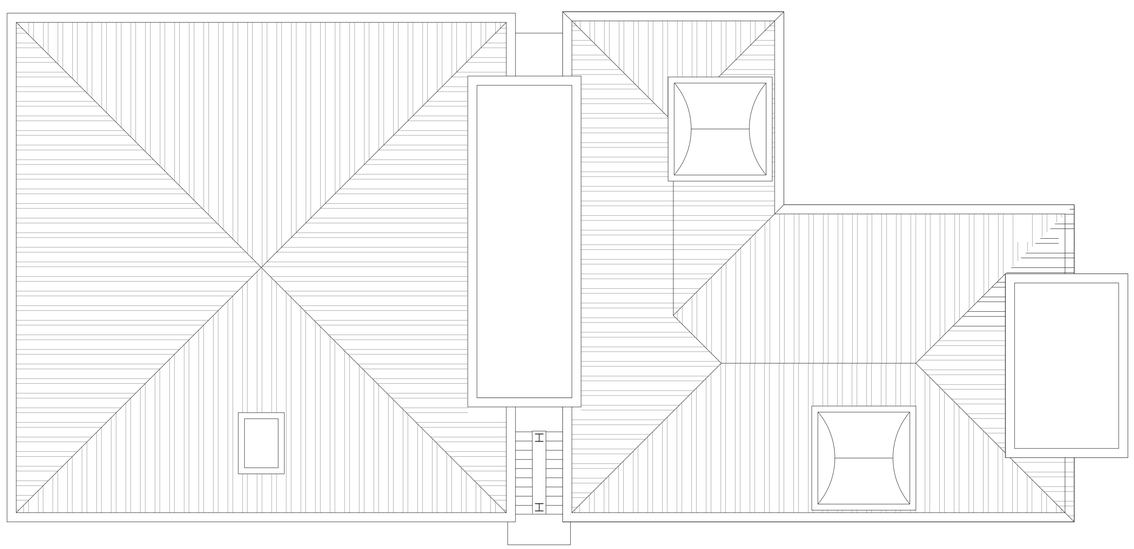
Pianta sopracelle - 28,00 m
Scala 1:100



Pianta Celle - 8,00 m
Scala 1:100



Pianta Coperture
Scala 1:100



Comune di Modena

Realizzazione Silos per deposito farine
Via Attiraglio 44

IL TECNICO

Architetto Edoardo Ranuzzini
Via Bentivoglio 20, 41122 Modena | 3426228560
edoardo.ranuzzini@gmail.com

LA COMMITTENZA

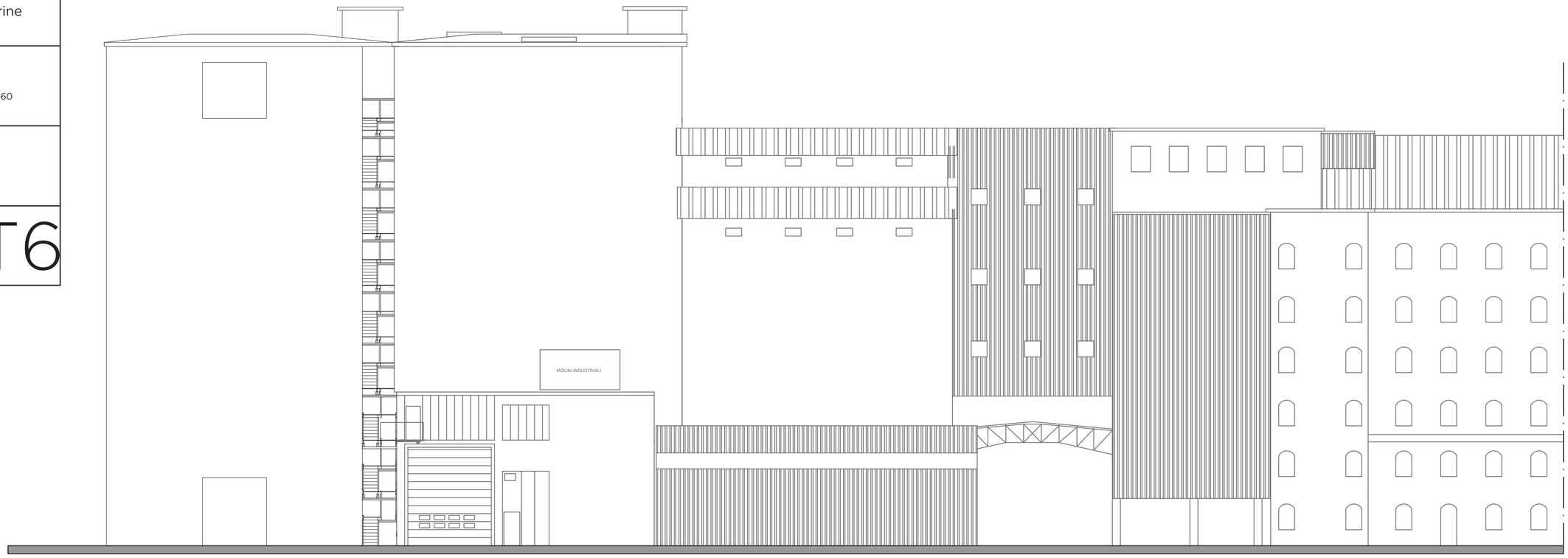
Molini di Modena S.P.A.

TAVOLA

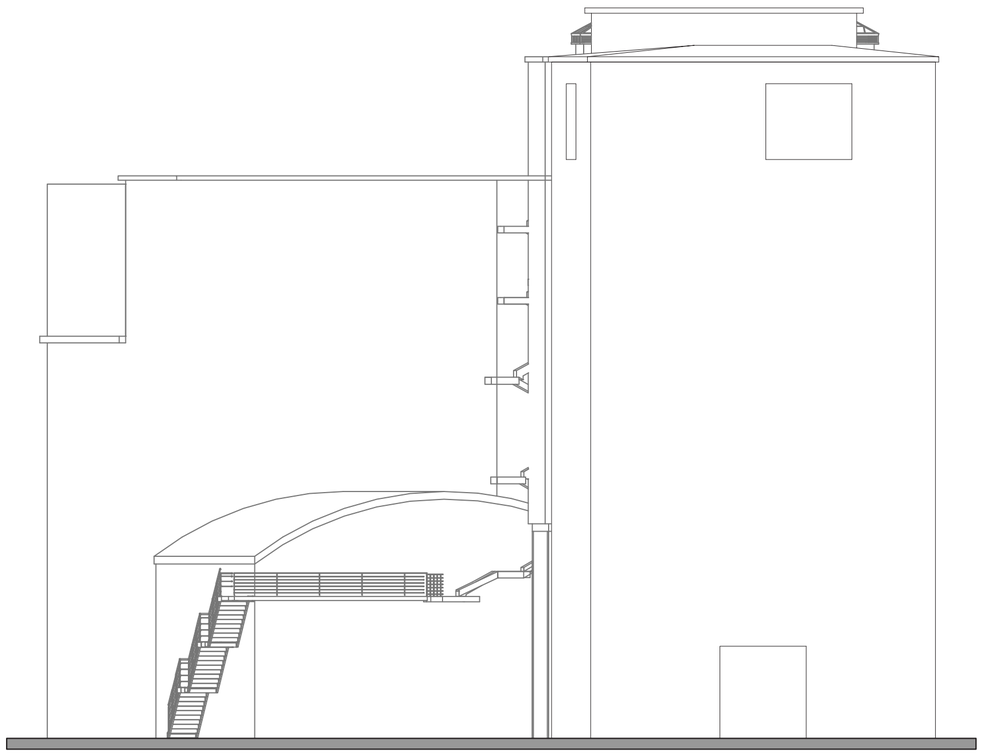
Prospetti Stato di progetto
Scala 1:200

MODENA, 01/12/2021

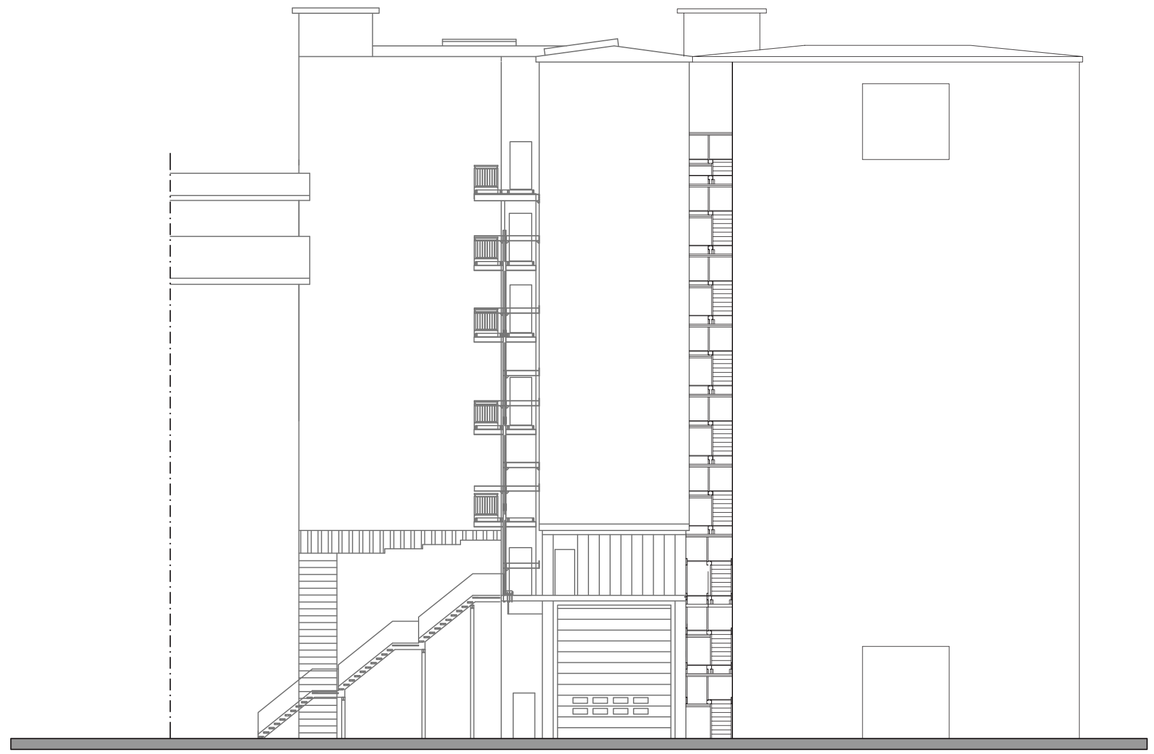
T6



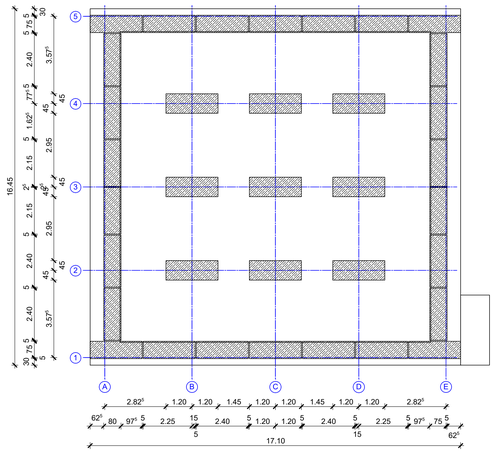
Prospetto Ovest - Stato di progetto
Scala 1:200



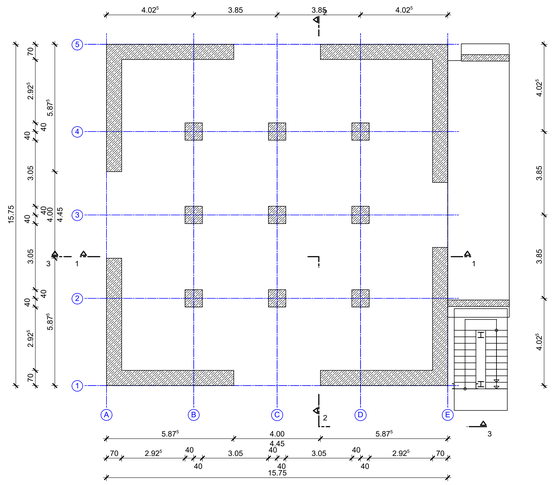
Prospetto Nord - Stato di progetto
Scala 1:200



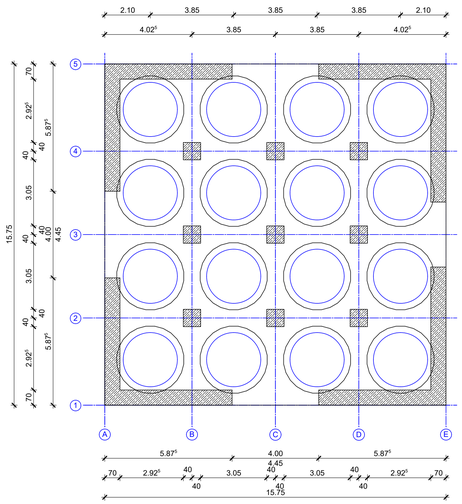
Prospetto Est - Stato di progetto
Scala 1:200



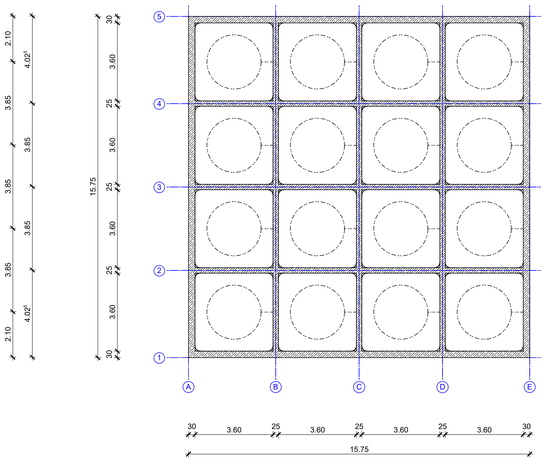
Pianta diaframmi e soletta PT



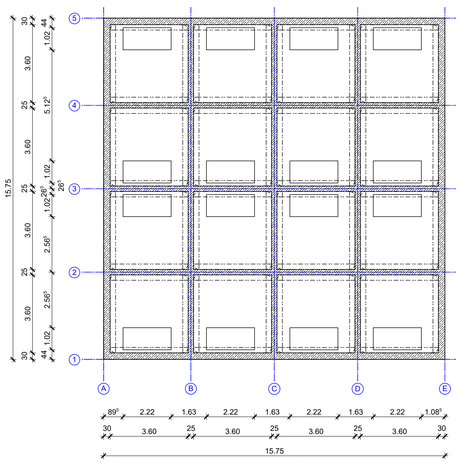
Pianta pareti PT



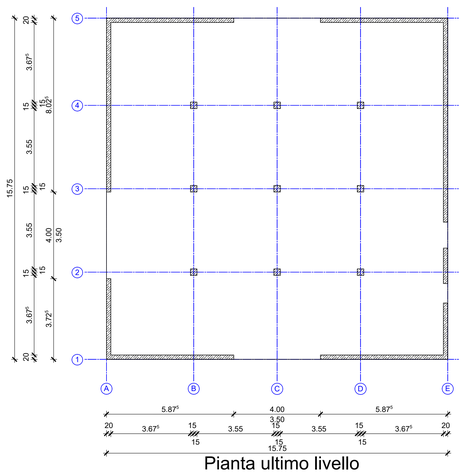
Pianta pareti PT e solaio



Pianta pareti zona silos e coni

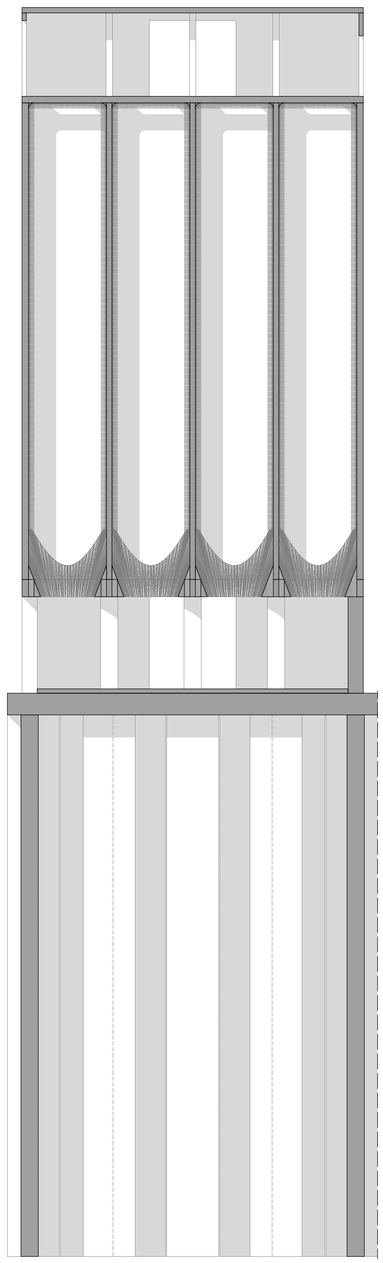


Pianta pareti silos e soltetta copertura

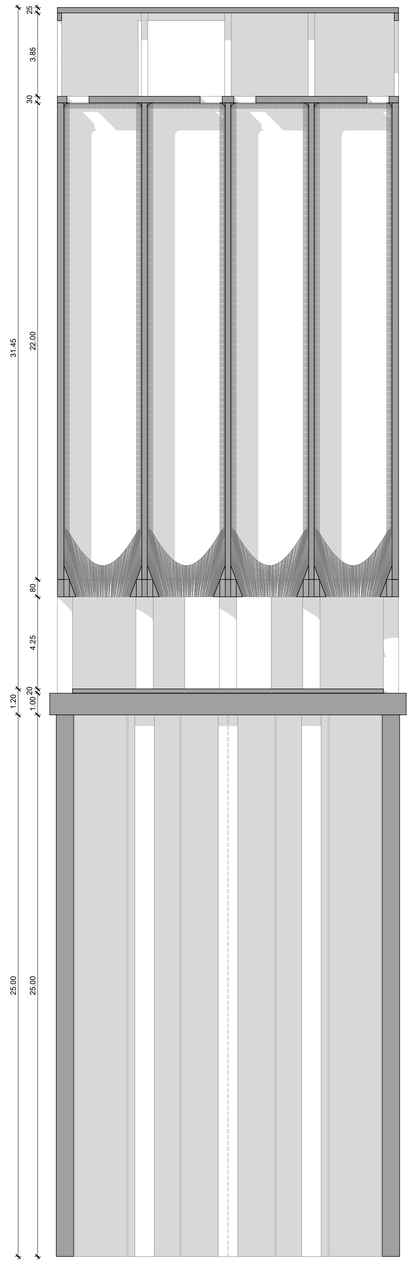


Pianta ultimo livello

1 - 1



2 - 2



PRESCRIZIONI CALCESTRUZZO

	Pali e Diaframmi	Platea di fondazione	Solette Impalcati	Pareti in c.a.
Classe cls	300	300	400	400
Rck	25/30	25/30	32/40	32/40
Esposizione		XC3	XC4	XC4
Slump		S4		S4
Copriferro	C nom =5cm	C nom =3.5cm	C nom =3cm	C nom =3.5cm
Additivi				

STAGIONATURA CALCESTRUZZO

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 1:12 h [5]

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 2
(corrispondente ad una resistenza della superficie del calcestruzzo pari al 35% della resistenza prescritta)

Temperatura superficiale del calcestruzzo (1) °C	Tempo minimo della stagionatura, giorni [1]		
	Sviluppo della resistenza del calcestruzzo [1-4] ($f_{cm,2}$ / $f_{cm,28}$) = r		
	Rapido r ≥ 0,50	Medio 0.50 > r ≥ 0,30	Lento 0,30 > r ≥ 0,15
t ≥ 25	1.0	1.5	2.5
25 > t ≥ 15	1.0	2.5	5
15 > t ≥ 10	1.5	4	8
10 > t ≥ 5	2.0	5	11

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 3
(corrispondente ad una resistenza della superficie del calcestruzzo pari al 50% della resistenza caratteristica prescritta)

t ≥ 25	1.5	2.5	3.5
25 > t ≥ 15	2.0	4	7
15 > t ≥ 10	2.5	7	12
10 > t ≥ 5	3.5	9	18

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 4
(corrispondente ad uan resistenza della superficie del calcestruzzo pari al 70% della resistenza caratteristica prescritta)

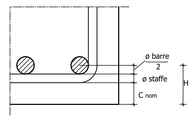
t ≥ 25	3	5	6
25 > t ≥ 15	5	9	12
15 > t ≥ 10	7	13	21
10 > t ≥ 5	9	18	30

1) Deve essere conteggiato anche il tempo di presa se eccedente le 5 ore
2) Per temperatura sotto i 5°C la durata dovrebbe essere prolungata della permanenza al di sotto di 5°C
3) Lo sviluppo della resistenza del calcestruzzo è il rapporto delle resistenze medie a compressione dopo due giorni e a 28 giorni determinate da prove iniziali o basate su prestazioni del calcestruzzo conosciute di composizione simile (vedi EN 206-1 sezione 7.2)
4) Per sviluppi della resistenza del calcestruzzo molto bassi, occorre dare le prescrizioni particolari nelle specifiche di esecuzione
5) Ameseo che il tempo di presa non superi 5h e la temperatura superficiale del calcestruzzo sia maggiore o uguale a 5°C

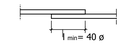
PRESCRIZIONI ARMATURE

Acciaio per armature B 450 C

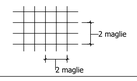
Copriferri



Sovrapposizione ferri



Sovrapposizione reti



PRESCRIZIONI GENERALI

- Magrone C8/10 (dosato a 150kg ogni mc) , spessore 10cm;
- Nelle pareti in c.a. inserire 9 legature (spille) a mq, le legature devono essere collegate ai ferri verticali;
- Verificare le foromentrie con il progetto architettonico e impiantistico;

LEGENDA STRUTTURE

- Pilastro/parete/struttura che prosegue
- Pilastro/parete/struttura che cambia di sagoma tra piani
- Pilastro/parete/struttura che parte da impalcato
- Pilastro/parete/struttura che finisce su impalcato

±0 P.F. p. terra

Ing. Fabrizio Baroni
Via Magione 6 - 40053 Valsamoggia (BO)
Tel.3282229583 - e-mail:fabrizio@ingbaroni.it

Progetto:
Realizzazione di nuovo silos per stoccaggio farine

Committente:
Molini Industriali SpA

Comune e ubicazione:
strada Attiraglio 133 - Modena

Progettista strutture:
Ing. Fabrizio Baroni

Timbro:

Oggetto tavola:
Schema silos - piante e sezioni

Scala: 1:100

Data: 15/12/2021

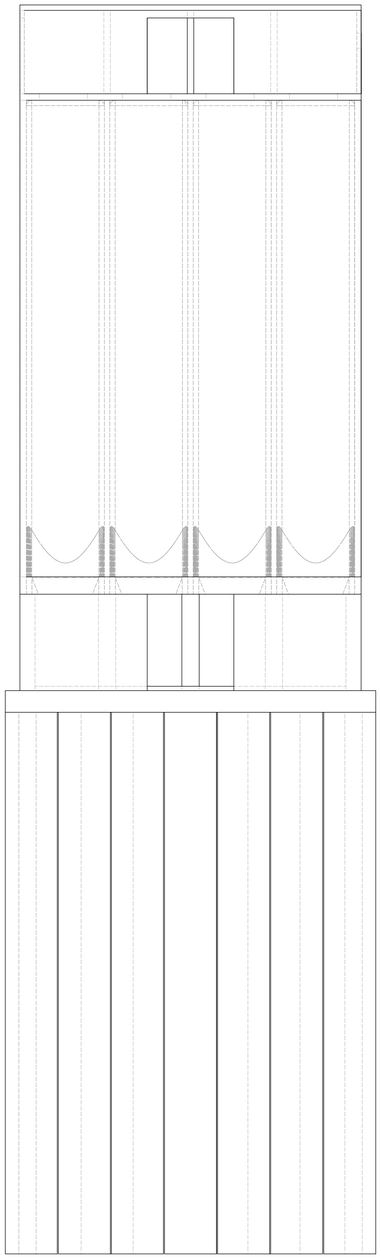
Data:	Modifica:

Redatto: F.B.
Verificato: F.B.
Approvato: F.B.

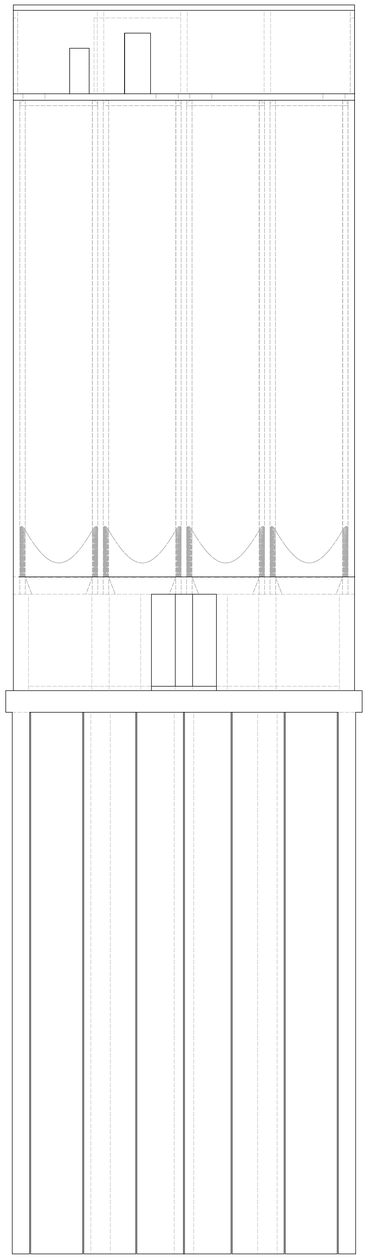
Tavola n°
S01

H/L = 841 / 1189 (1.00m²)

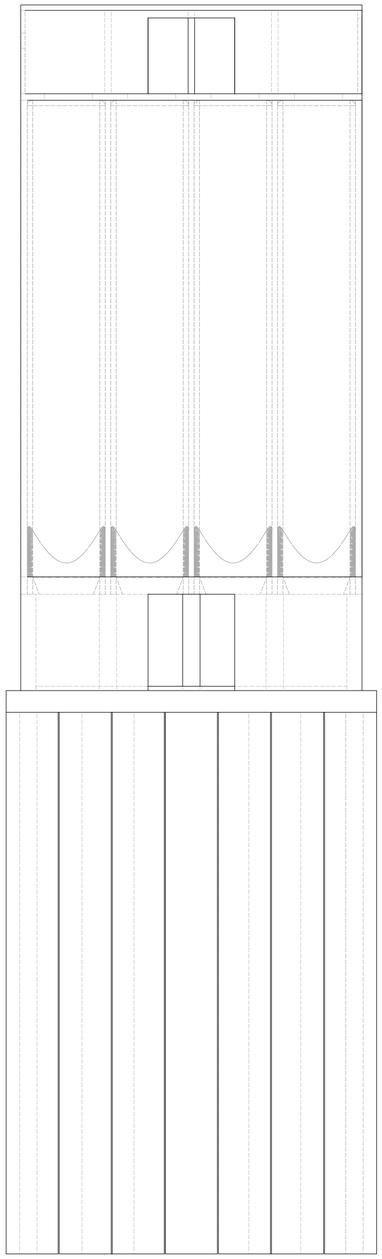
Sud



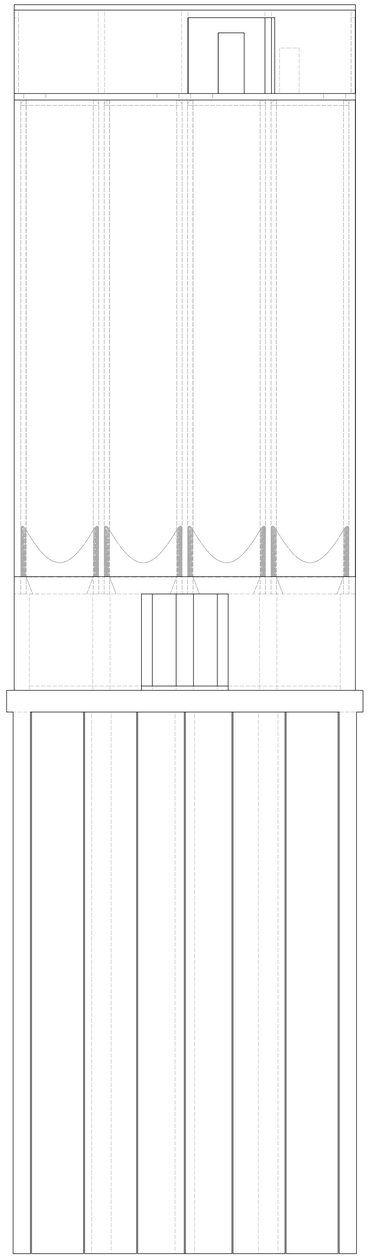
Est



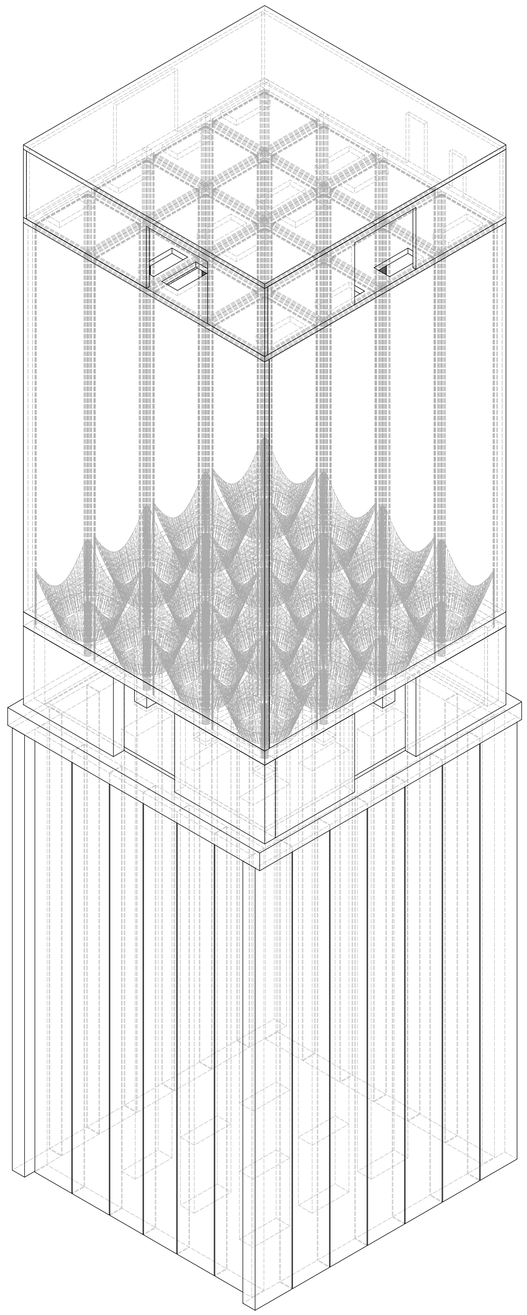
Nord

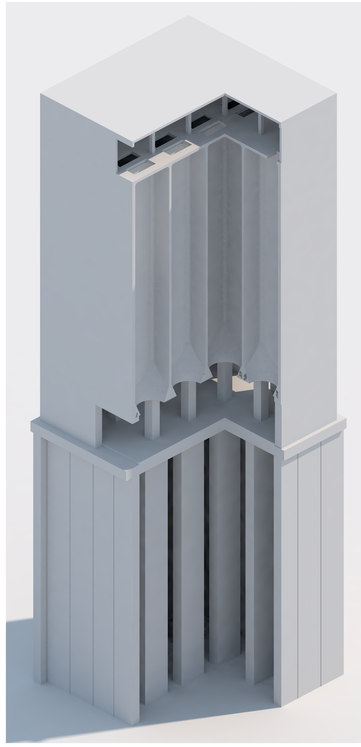


Ovest



Sud-Ovest





±0 P.F. p. terra

Ing. Fabrizio Baroni
Via Magione 6 - 40053 Valsamoggia (BO)
Tel.3282229583 - e-mail:fabrizio@ingbaroni.it

Progetto:
Realizzazione di nuovo silos per stoccaggio farine

Committente:
Molini Industriali SpA

Comune e ubicazione:
strada Attiraglio 133 - Modena

Progettista strutture:
Ing. Fabrizio Baroni

Timbro:

Oggetto tavola:
Schema silos - prospetti e assonometria

Scala: 1:100

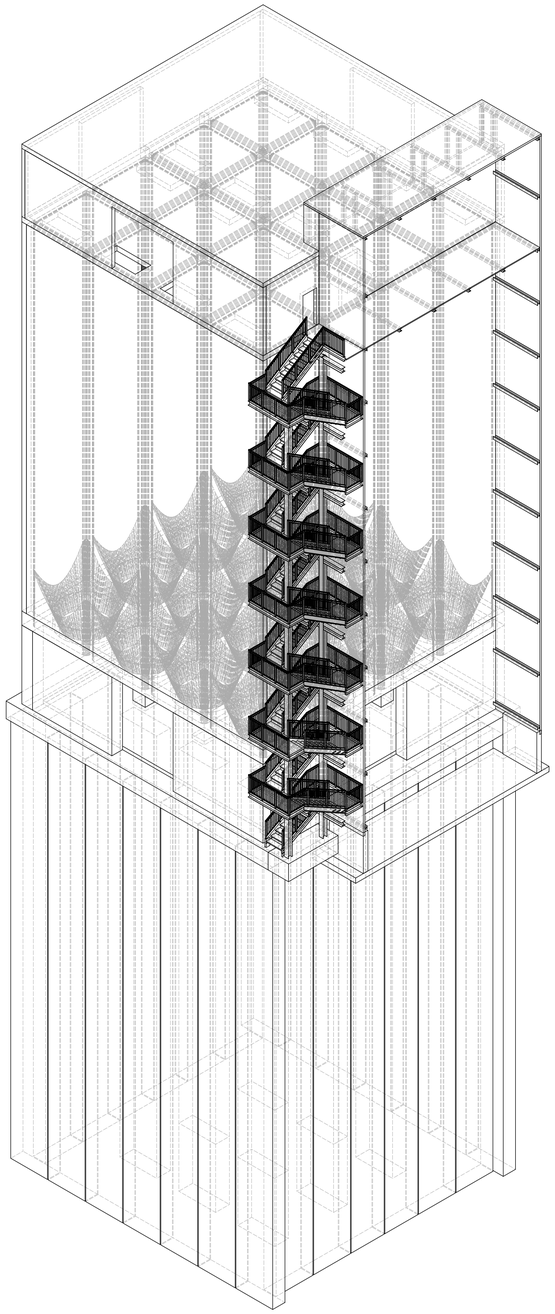
Data: 15/12/2021

Data:	Modifica:

Redatto: F.B.
Verificato: F.B.
Approvato: F.B.

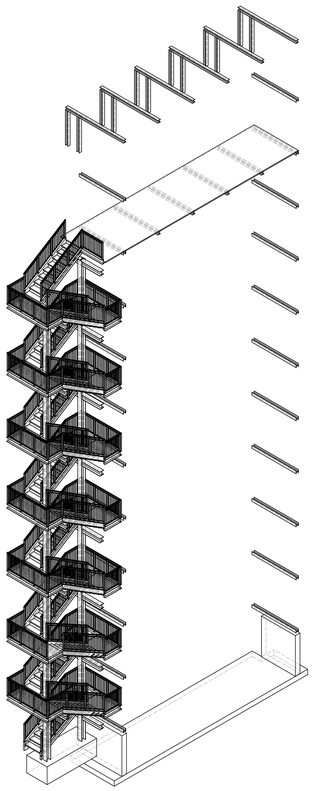
Tavola n° S02

Sud-Est



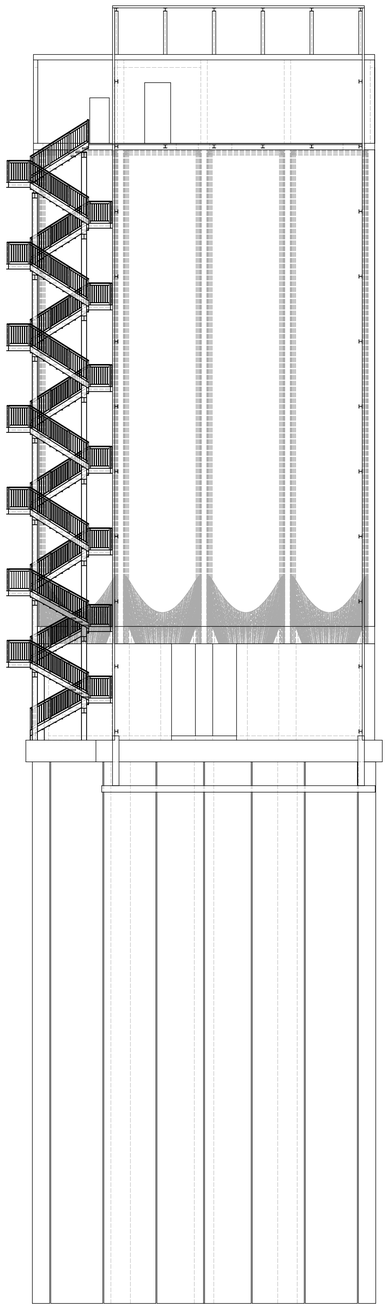
Assonometria complessiva
Silos, scala, barccatura protezione impianti

Sud-Est

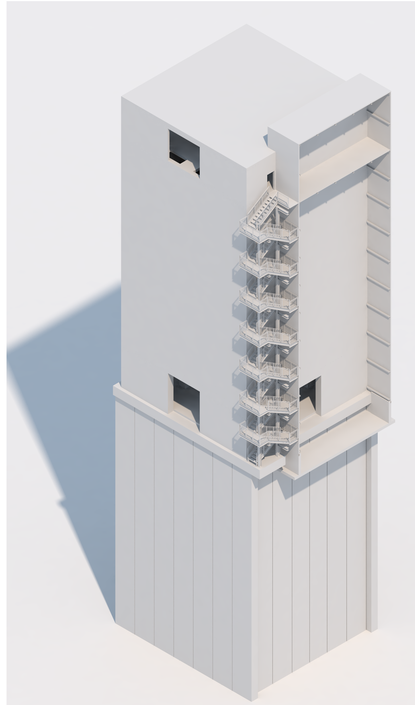


Assonometria strutture metalliche

Est



Prospetto strutture metalliche



PRESCRIZIONI CALCESTRUZZO

	Pali e Diaframmi	Platea di fondazione	Solette Impalcati	Pareti in c.a.
Classe cls	300	300	400	400
Rck	25/30	25/30	32/40	32/40
Esposizione		XC3	XC4	XC4
Slump		S4	S4	S4
Copriferro	C nom =5cm	C nom =3.5cm	C nom =3cm	C nom =3.5cm
Additivi				

STAGIONATURA CALCESTRUZZO

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 1:12 h [5]

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 2
(corrispondente ad una resistenza della superficie del calcestruzzo pari al 35% della resistenza prescritta)

Temperatura superficiale del calcestruzzo (1) $^{\circ}C$	Tempo minimo della stagionatura, giorni [1]		
	Sviluppo della resistenza del calcestruzzo [1-4] $(f_{cm,2} / f_{cm,28}) = r$		
	Rapido r ≥ 0,50	Medio 0.50 > r ≥ 0,30	Lento 0,30 > r ≥ 0,15
t ≥ 25	1.0	1.5	2.5
25 > t ≥ 15	1.0	2.5	5
15 > t ≥ 10	1.5	4	8
10 > t ≥ 5	2.0	5	11

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 3
(corrispondente ad una resistenza della superficie del calcestruzzo pari al 50% della resistenza caratteristica prescritta)

t ≥ 25	1.5	2.5	3.5
25 > t ≥ 15	2.0	4	7
15 > t ≥ 10	2.5	7	12
10 > t ≥ 5	3.5	9	18

Durata minima della stagionatura per la classe di stagionatura 4
(corrispondente ad uan resistenza della superficie del calcestruzzo pari al 70% della resistenza caratteristica prescritta)

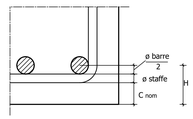
t ≥ 25	3	5	6
25 > t ≥ 15	5	9	12
15 > t ≥ 10	7	13	21
10 > t ≥ 5	9	18	30

1) Deve essere conteggiato anche il tempo di presa se eccedente le 5 ore
2) Per temperature sotto i 5°C la durata dovrebbe essere prolungata della permanenza al di sotto di 5°C
3) Lo sviluppo della resistenza del calcestruzzo è il rapporto delle resistenze medie a compressione dopo due giorni e a 28 giorni determinate da prove iniziali o basate su prestazioni del calcestruzzo conosciute di composizione simile (vedi EN 206-1 sezione 7.2)
4) Per sviluppi della resistenza del calcestruzzo molto bassi, occorre dare le prescrizioni particolari nelle specifiche di esecuzione
5) Ameseo che il tempo di presa non superi 5h e la temperatura superficiale del calcestruzzo sia maggiore o uguale a 5°C

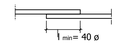
PRESCRIZIONI ARMATURE

Acciaio per armature B 450 C

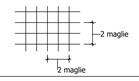
Copriferri



Sovrapposizione ferri



Sovrapposizione reti



PRESCRIZIONI GENERALI

- Magrone C8/10 (dosato a 150kg ogni mc) , spessore 10cm;
- Nelle pareti in c.a. inserire 9 legature (spille) a mq, le legature devono essere collegate ai ferri verticali;
- Verificare le foromentrie con il progetto architettonico e impiantistico;

LEGENDA STRUTTURE

- Pilastro/parete/struttura che prosegue
- Pilastro/parete/struttura che cambia di sagoma tra piani
- Pilastro/parete/struttura che parte da impalcato
- Pilastro/parete/struttura che finisce su impalcato

PRESCRIZIONI ACCIAIO

- acciaio profili S275JR - acciaio piastre S355JR
- bulloni 8.8 e 10.9
- classe di esecuzione EXC3

±0 P.F. p. terra

Ing. Fabrizio Baroni
Via Magione 6 - 40053 Valsamoggia (BO)
Tel.3282229583 - e-mail:fabrizio@ingbaroni.it

Progetto:
Realizzazione di nuovo silos per stoccaggio farine

Committente:
Molini Industriali SpA

Comune e ubicazione:
strada Attiraglio 133 - Modena

Progettista strutture:
Ing. Fabrizio Baroni

Timbro:

Oggetto tavola:
Schema strutture metalliche

Scala: 1:100

Data: 15/12/2021

Data:	Modifica:

Redatto: F.B.
Verificato: F.B.
Approvato: F.B.

Tavola n°
S03

Comune di Modena

Realizzazione Silos per deposito farine
Via Attiraglio 44

IL TECNICO

Architetto Edoardo Ranuzzini
Via Bentivoglio 20, 41122 Modena | 3426228560
edoardo.ranuzzini@gmail.com

LA COMMITTENZA

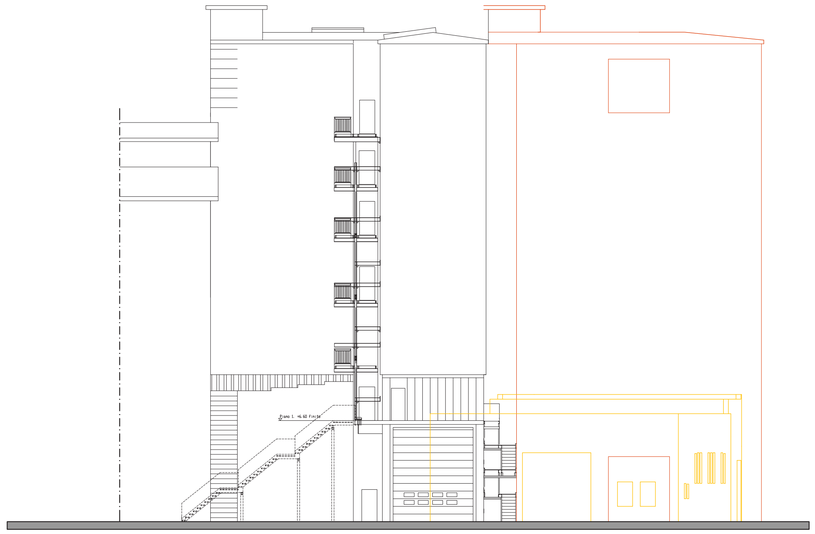
Molini di Modena S.P.A.

TAVOLA

Tavola Sinottica
Scala 1:200

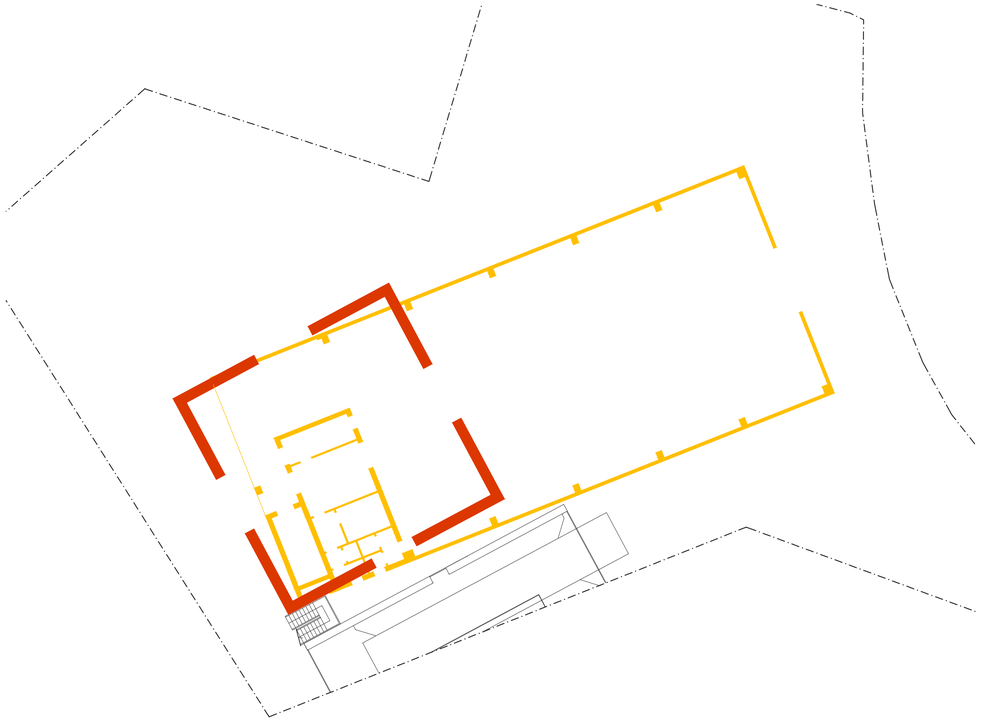
MODENA, 01/12/2021

T7

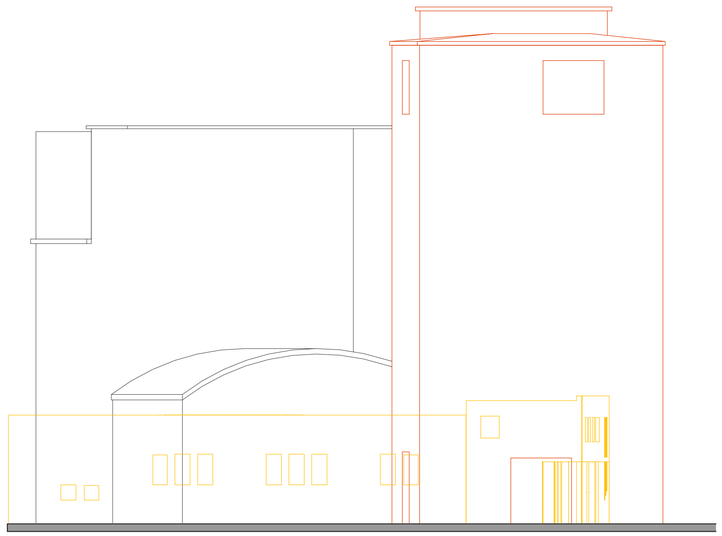


Prospetto Est - Tavola confronto
Scala 1:200

Prospetto Ovest - Tavola confronto
Scala 1:200



Pianta Piano terra - Tavola confronto
Scala 1:200



Prospetto Nord- Tavola confronto
Scala 1:200

Allegati 3
PDC in variante urbanistica
Molini di Modena S.P.A.

Relazione geologica

DOTT. FABRIZIO ANDERLINI - STUDIO GEOLOGICO
Via per Modena, 8 - 41051 - Castelnuovo Rangone (MO)
Tel 059/535046 - Fax 059/539166 - e-mail: fabrizio.anderlini@libero.it
P. IVA 00646730366 - c.f. NDR FRZ 46B23 H214L

Comune di Modena

Relazione geologico-geotecnica e sismica a supporto del progetto di realizzazione di nuovo magazzino farine, da eseguirsi in Strada Attiraglio n. 133

(D.M. 17 gennaio 2018)

Committente: Molini Industriali	Novembre 2021

1. PREMESSA

La presente relazione è redatta ai sensi del **D.M. 17/01/2018** T.U. Norme tecniche per le costruzioni.

Su incarico della Committenza, Molini Industriali, nel mese di Ottobre 2021, si è effettuato il presente studio che ha per oggetto la verifica delle condizioni geologiche, geotecniche, e sismiche di un'area su cui è in progetto la realizzazione di un nuovo magazzino/deposito farine a servizio della Ditta Molini Industriali, sita in Strada Attiraglio n. 133 a Modena.
La relazione descrive le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche della zona e definisce, in dettaglio, le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati.

Lo studio geologico si è avvalso dei dati emersi da apposite indagini penetrometriche per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e per la classificazione sismica del terreno oggetto di intervento. Inoltre si fa riferimento al sondaggio a carotaggio effettuato nel 2013 per il magazzino in adiacenza.

2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME

L'area di interesse è ubicata in Strada Attiraglio n. 133, a Modena, in corrispondenza del toponimo Mulini Nuovi, alla quota topografica variabile da 31.9 e 32.1 m s.l.m.
L'area è visualizzata nella "Carta Corografica" **(tav. n. 1)** in scala 1:25.000, Tavola 201NE "Modena", nell'"Inquadramento Topografico" **(tav. n. 2)** in scala 1:5.000, Elemento 201123 "Modena nord-est".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il rilevamento geologico eseguito dallo scrivente conferma quanto esposto nella "Carta Geologica" tratta da *Progetto Carg* **(Tav. 3)** ed evidenzia la presenza di litotipi a caratteristiche tessiturali prevalentemente limose e ghiaioso sabbiose come di seguito descritte:
AES8a – Unità di Modena: Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m). *Post-VI secolo d.C.* L'unità si presenta in litofacies argillosa in corrispondenza della zona di studio ed in litofacies limosa immediatamente ad est della zona di studio.
Nella zona non sono presenti fenomeni geomorfologici particolari, l'area risulta pianeggiante con una leggera inclinazione verso nord est in concordanza con l'andamento della Pianura Padana.

4. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

La campagna geognostica si è espletata ed ha considerato i seguenti interventi i seguenti interventi:

• ***n. 1 prova penetrometrica CPTU – 2021***
• ***n. 1 prova penetrometrica CPT – 2021***
• ***n. 1 prova sismica HVSR – 2021***
• ***n. 1 Sondaggio a Carotaggio -2021***
• ***n. 1 Sondaggio a Carotaggio con prova sismica Down Hole – 2013***

In **allegato n. 1** sono visibili i rapporti di prova dell'indagine svolta. Inoltre, l'ubicazione delle indagini è illustrata in **Tav. n. 4** "Foto aerea con ubicazione indagini", presente in allegato.

prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT

La prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/s, la punta meccanica Begemann (Fig. 3). La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm^2. Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm^2. I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (Fig. 3):

posizione di riposo con punta completamente chiusa; spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (Rp); spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (Rl); spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (Rt). Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza (Rp) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm^2. Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 (Rl). Ad ogni profondità di misura (**x**), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta "$\mathbf{q_c}$" e dell'attrito laterale locale "$\mathbf{f_s}$" possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$\mathbf{q_c}$ (x) = Rp (x) [kg/cm^2] $\mathbf{f_S}$ (X) = (Rl(x+1) – Rp(x+1)) · (AP/AM) = (Rl(x+1) – Rp(x+1)) / 15

dove: AP (Area Punta) = 10 cm^2; AM (Area Manicotto Laterale) = 150 cm^2

La particolare punta utilizzata per la perforazione *Friction Jacket Cone* è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati. I dati ottenuti vengono elaborati tramite apposito software "Static Probing" (Geostru) scegliendo, tra i vari autori, la metodologia di

interpretazione litologica così da ottenere in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU

La prova con punta elettrica (CPTE) o con piezocono (CPTU) è l'evoluzione della prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT).

I valori di resistenza del terreno non vengono più rilevati con un sistema di aste scorrevoli che trasmettono i carichi (di rottura del terreno) ad un manometro (o cella di carico) di superficie, bensì con degli estensimetri posti direttamente all'interno della punta. Questi estensimetri, con deformazioni meno che millimetriche dei componenti della punta (cono e manicotto), producono dei segnali elettrici proporzionali alle variazioni di carico e quindi alle componenti di resistenza del terreno. I segnali elettrici (analogici) vengono digitalizzati con convertitori direttamente posti all'interno della punta (nel caso ormai più frequente di "digital cone") e vengono memorizzati in un circuito interno. I segnali digitalizzati possono essere inviati direttamente in superficie dove è presente (oltre al circuito di sincronizzazione della profondità) una apposita "centralina" con funzioni di memorizzazione, stampante, salvataggio dati su dischetto ed eventuale trasmissione a PC. I vantaggi rispetto alla prova statica con punta
meccanica CPT sono in sintesi:

1) Precisione e linearità della lettura:

normalmente la CPTU relativamente alla resistenza di punta ha un fondo scala di 0.01 Mpa (invece di 0.1 Mpa della punta meccanica) a parità di fondo scala (f.s.50 Mpa). Amplificando il segnale e riducendo il fondo scala è possibile arrivare ad un valore minimo rilevabile di 0.001 Mpa (f.s.20 Mpa). L'aumento di sensibilità è indispensabile nel rilievo dei valori di resistenza di materiali molto soffici (sedimenti di fondo dei canali o rii, torbe, sabbie o limi molto sciolti, ecc.). La linearità è una caratteristica molto importante in quanto garantisce che i valori letti siano quelli reali in tutto il "range" di misura dello strumento. La linearità nella strumentazione impiegata (CPTU) è garantita dall'elettronica, mentre nella prova meccanica sono probabili starature nei valori estremi (in particolare i valori bassi, di fondamentale importanza geotecnica)

2) Rilievo dei valori ogni 2 cm (o meno) invece dei 20 cm della prova CPT

3) Piezocono CPTU con rilievo dei valori di sovrapressione U durante l'infissione. L'infissione della punta, in caso di terreno saturo, produce una variazione della pressione neutrale (U) inversamente proporzionale alla permeabilità.

Nel piezocono ciò significa che se la punta durante l'avanzamento incontra uno strato di argilla, la U (ovvero la variazione di pressione neutra durante l'infissione) assume valori elevati, generalmente inversamente proporzionali alla permeabilità K del materiale attraversato.

Il piezocono rileva la pressione neutra sviluppata dall'infissione tramite un pressostato, il quale è separato dall'ambiente esterno mediante il cosiddetto "filtro" Quando la punta incontra uno strato di sabbia, dopo poco la U si dispone su una linea che approssima l'idrostatica.

A tale proposito, nella elaborazione delle prove CPTU, si prende come U di riferimento una linea idrostatica che parte dal livello della prima falda freatica e prosegue linearmente; tale assunto può non essere vero qualora le falde incontrate abbiano una pressione neutrale a riposo differente da quella idrostatica (ad es.falde confinate, artesiane o in sottopressione).

Il rilievo della U in fase di avanzamento permette di ottenere una classificazione del terreno molto più accurata rispetto ad altre prove. Dato che il valore della U dipende anche dalle caratteristiche di consolidazione del terreno, in termini di storia tensionale, il confronto fra diversi parametri o combinazioni dei tre parametri rilevati (Qc,Fs,U) permette anche una classificazione del terreno in questo senso. Il primo grafico riportato di seguito è una proposta di classificazione per prove con punta elettrica in base ai soli Qc e Fs. Dato che il rilievo di U permette (nel piezocono) una "correzione" dei valori di resistenza di punta (depurati cioè dall'effetto della presenza di acqua nel terreno durante la penetrazione), si perviene ad un grafico similare a quello di cui sopra ma corretto per le prove CPTU, introducendo una resistenza di punta "corretta" Qt. Il terzo grafico mostra una classificazione del terreno in base a prove CPTU impiegando il rapporto:

$B_q = \Delta U / (\sigma_T - \sigma^1_{vo})$ (riferito quindi alla U)

SCHEMA PIEZOCONO

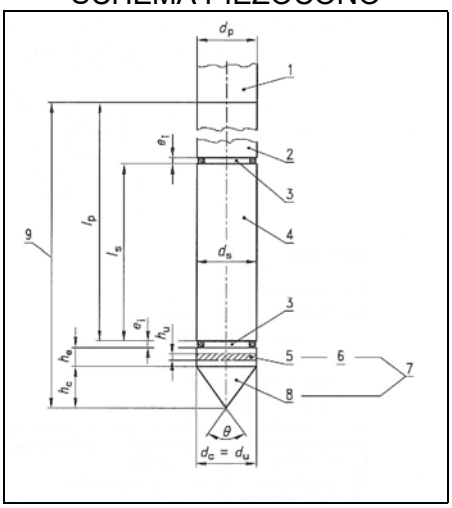


Fig. 1 schema piezocono

Legenda
1 - Aste di Spinta
2 - Fusto
3 - Guarnizioni a tenuta
4 - Manicotto attrito laterale
5 - Filtro costituito da cilindro metallico saturato con grasso (vedi caratteristiche tecniche)
6 - Componente cilindrica
7 - Cono
8 - Componente conica
9 - Punta elettrica e piezocono

Caratteristiche tecniche grasso utilizzato per la saturazione del filtro

Produttore: PERSIAN OIL -

Tipo: Persian FILGREASE 2

CONSORZIO PETROLIFERO DELL'ALTA ITALIA (BOLOGNA).

Composizione del preparato: Stearato e idrossisterato di litio, olio minerale di natura prevalentemente paraffinica, severamente raffinato, additivato con polimero ad alto p.m.

E' un grasso di buona qualità a base di saponi di litio, resistente all'azione dilavante dell'acqua, altamente adesivo. Ha un aspetto liscio, brillante, filante.

Il filtro, utilizzato nell'esecuzione di una CPTU può essere di metallo sinterizzato (una particolare tecnica di realizzazione di filtri in metallo) o può essere semplicemente una apertura (fessura) che connette la parete esterna della punta con la camera di misura del pressostato.

Il filtro deve essere saturato prima di ogni prova CPTU; nei primi piezoconi la saturazione avveniva con acqua disareata; ultimamente si impiega olio di silicone o grasso speciale (nei filtro a fessura). Ciò permette l'impiego del piezocono anche in tratti non saturi senza per questo perdere la saturazione e senza l'impiego di artifici per non perdere la saturazione se fatta con acqua.

ATTREZZATURA IMPIEGATA TGAS07 System

Devices and electrical connections:
TGAS07 - The acquisition system.
ENCODER - Measures the depth and the speed during the acquisition.
POWER SUPPLY - Supplies the electrical power to the system. It is mounted on the pentrometer.
ROD ADAPTER - Links the piezocone with the pushing rods.
GPS-GPRS ANTENNA - Allows to acquire the GPS coordinates and to send tests by GSM network.

CPTU-ACQ SOFTWARE - Installed on a notebook allows to import tests from TGAS07 system.

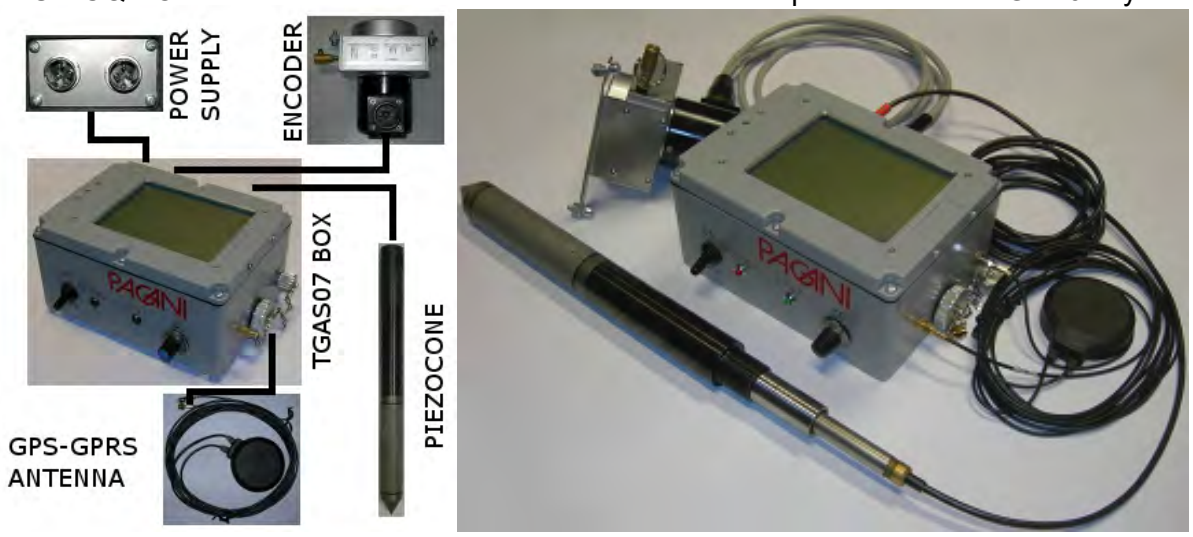


Fig. 2 sistema di acquisizione punta Pagani MKV

SONDAGGIO A CAROTAGGIO

Nella posizione illustrata nella tavola dell'ubicazione delle indagini geognostiche (tav. n. 4) si è eseguito n°1 sondaggio a carotaggio continuo mediante una sonda idraulica ELLETTARI EK200S, dotata di testa idraulica. Il sondaggio è stato spinto sino a -5.00 m da quota p.c. attuale. I sondaggi sono stati eseguiti utilizzando un carotiere semplice T1 con corona munita di denti al widiam, con diametro pari a 101 mm (fig.4). Il sondaggio è stato eseguito "a rotazione": tale tecnica consiste nel fare avanzare un utensile "carotiere" per mezzo di una batteria di aste, alla quale viene applicata una spinta assiale ed una coppia di rotazione. La perforazione è inoltre stata eseguita nella modalità a "carotaggio continuo". Questa tecnica consiste nell'utilizzo di aste cave che prevedono l'utilizzo di un carotiere a **pareti sottili per il campionamento del terreno.**

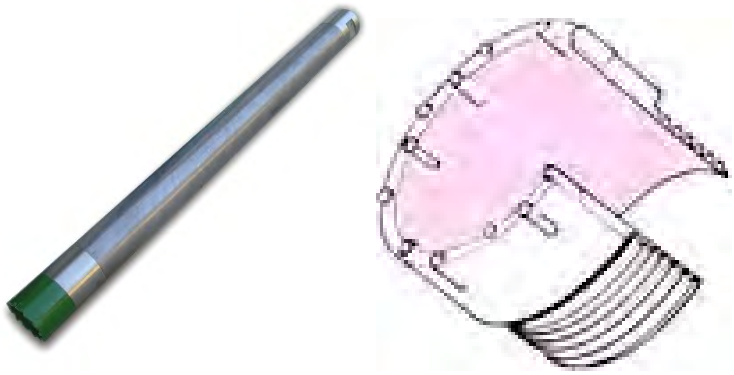


Fig. 3 sondaggio a carotaggio: *Carotiere semplice T1 (sulla sinistra) e particolare della corona*

munita di denti al widiam (sulla destra)

A causa della limitata stabilità delle pareti del foro di sondaggio, si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento provvisori di diametro ø = 152 mm, per rivestire le pareti dello strato detritico superficiale.

Nel corso del sondaggio a carotaggio sono stati prelevati campioni di terreno indisturbato mediante campionatore Schelby a pareti sottili in acciaio inox, da destinarsi al laboratorio di geotecnica per le successive analisi. I campioni di terreno del sondaggio "carote" sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici a scomparti in PVC della lunghezza di 5.00 m cadauna, fotografati e catalogati, come visibile nelle foto allegate, la litologia, desunta dalle carote prelevate in continuo, è riassunta nella colonna litostratigrafica presente nei certificati in allegato n°1. Nel corso dei sondaggi sulle carote estratte é stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate RP, misurata mediante Pocket Penetrometer (PP) e la resistenza al taglio, sempre in condizioni non drenate, mediante Vane Test (VT). Tali dati sono riportati nella colonna litostratigrafica presente nell'allegato certificato di indagine.

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Le indagini penetrometriche ed il sondaggio a carotaggio, hanno permesso di ricostruire la stratigrafia litotecnica del suolo sino alla profondità di -34.00 m da p.c. attuale.

Su lotto, al di sotto di un cospicuo spessore di riporto eterogeneo è presente un primo strato di 4,0 m di terreno organico limoso sabbioso poco consistente caratterizzato da Resistenze alla Penetrazione statica molto basse. Si susseguono da -4,0 m a -24,0 m argille e limi da consistenti a mediamente consistenti con interstrati sabbioso limosi alla base. A-24,0 m si riscontrano ghiaie e sabbie mediamente addensate. Lo spessore e la continuità dello strato ghiaioso è da verificare mediante implementazione di indagine

SCHEMA GEOMECCANICO DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE PARZIALE NUOVO FABBRICATO

Strato	Profondità	f a – d a	Litotipo	Parametri geotecnici
1	0.0 – 1.20 m da p.c.		Riempimento riporto eterogeneo	Non definibile

2	**1.20 – 4.20** m da p.c.	-2.20 m attuale possibile risalita a -1,00	**Argilla organica Scarsamente consistente**	γ	1800 kg/cm^3 ≈ 18.00 kN/m^3
				γ'	2000 kg/cm^3 ≈ 20.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.30 kg/cm^2 ≈ 30.0 kN/m^2
				C'_k	0.02 kg/cm^2 ≈ 2.0 kN/m^2
				M_{0k}	30.0 kg/cm^2 ≈ 3000 kN/m^2
				ϕ_k	19°
				v	0.50
3	**4.20 – 6.80** m da p.c.		**Argilla o argilla limosa a media consistenza**	γ	1850 kg/cm^3 ≈ 18.50 kN/m^3
				γ'	2100 kg/cm^3 ≈ 21.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.42 kg/cm^2 ≈ 42.0 kN/m^2
				C'_k	0.04 kg/cm^2 ≈ 4.0 kN/m^2
				M_{0k}	44.0 kg/cm^2 ≈ 4400 kN/m^2
				ϕ_k	21°
				v	0.45
4	**6.80 – 22.50** m da p.c.		**Argilla o limi argillosi a consistenza variabile**	γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.48 kg/cm^2 ≈ 48.0 kN/m^2
				C'_k	0.06 kg/cm^2 ≈ 6.0 kN/m^2
				M_{0k}	50.0 kg/cm^2 ≈ 5000 kN/m^2
				ϕ_k	22°
				v	0.45
5	**23.00 – 24.00/25.00** m da p.c.		**Limi sabbiosi, sabie limose sciolte**	γ	1870 kg/cm^3 ≈ 18.70 kN/m^3
				γ'	2100 kg/cm^3 ≈ 21.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.35 kg/cm^2 ≈ 35.0 kN/m^2
				C'_k	0.05 kg/cm^2 ≈ 5.0 kN/m^2
				Es_k	85.0 kg/cm^2 ≈ 8500 kN/m^2
				ϕ_k	24°
				v	0.40
6	**24.00/25.00-29.00** m da p.c.		**Sabbia e ghiaia mediamente addensata**	γ	2000 kg/cm^3 ≈ 20.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				Dr	50%
				Es_k	300.0 kg/cm^2 ≈ 30000 kN/m^2
				ϕ_k	30°
				v	0.30
				γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3

Legenda

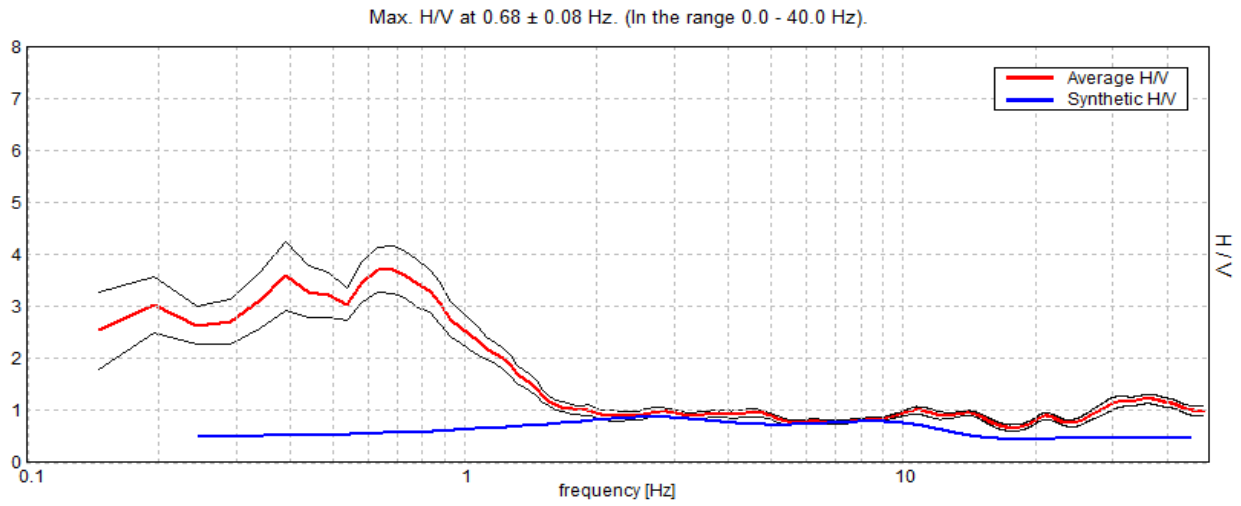
γ	=	*peso specifico terreno naturale*
γ'	=	*peso specifico terreno saturo*
C_{uk}	=	*coesione non drenata caratteristica*
C'_k	=	*coesione efficace caratteristica*
Dr	=	*densità relativa*
M_{0k}	=	*modulo di deformazione edometrico caratteristico*
ϕ_k	=	*angolo d'attrito caratteristico*

6. SISMICA

E' stata eseguita la caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva ***"Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura" (HVSR),*** al fine di individuare le frequenza caratteristiche di risonanza di sito e la modellazione dell'andamento delle onde Vs sino a 30,0 m di profondità.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito,** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni;
- La **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la costruzione potrà essere o meno a rischio;
- La **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'**affidabilità del risultato**, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella **curva H/V**. E' possibile calcolare la **Vs30** e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018;
- La **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica **HVSR**, in termini di **stratigrafia del sottosuolo**, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un **contrasto d'impedenza**, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	200	0.45
25.00	20.00	300	0.40
25.00	30.00	400	0.35
inf.	inf.	400	0.35

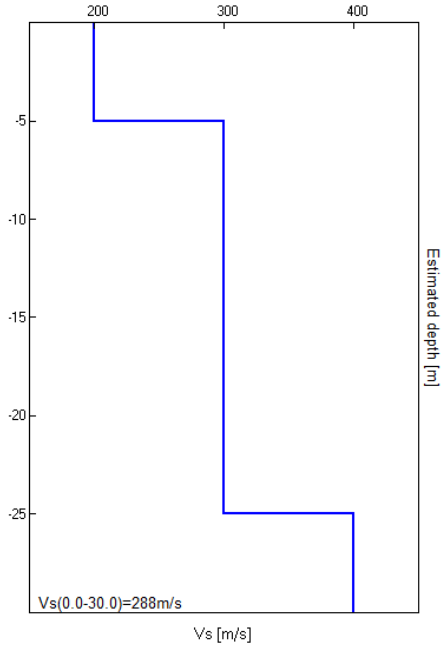


Fig. 4 elaborazione HVSR

Secondo la classificazione del suolo, sulla base della nuova normativa (**D.M. 17/01/2018**) in base ai dati ottenuti dalle indagini geognostiche in sito si classifica il terreno di fondazione del fabbricato come appartenente alla categoria **C,** corrispondente a depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille a media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di **V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (15 < N_{SPT} < 50; 70 < c_u < 250 kPa).**

SISMICA – PROVA DOWN HOLE

Le misurazioni ***down-hole*** vengono effettuate in un solo foro di sondaggio, alle cui pareti viene ancorato un geofono tridimensionale (**fig. 17**) mediante pistoncini azionati da un circuito ad aria compressa.

Figura 5 – Geofono 3d

L'energia sismica viene prodotta in superficie, nei pressi della bocca del foro, secondo criteri tali da produrre onde P ed S. Misurando sui sismogrammi i tempi di transito relativi alle onde P ed S è possibile stimare l'andamento delle velocità intervallari Vp e Vs e dei parametri elastici relativi ai terreni attraversati dal foro (**Fig. 18**).

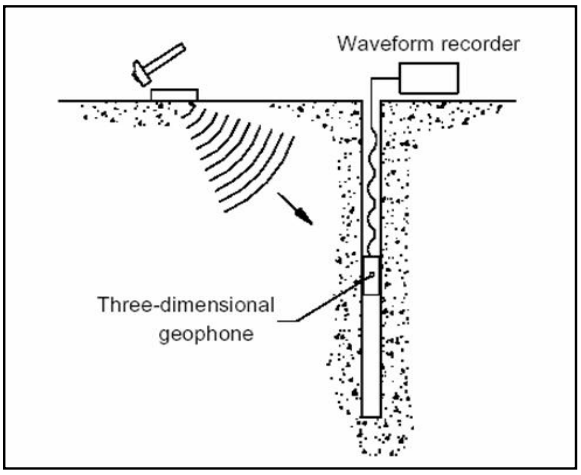


Figura 6 – Schema concettuale prova down-hole

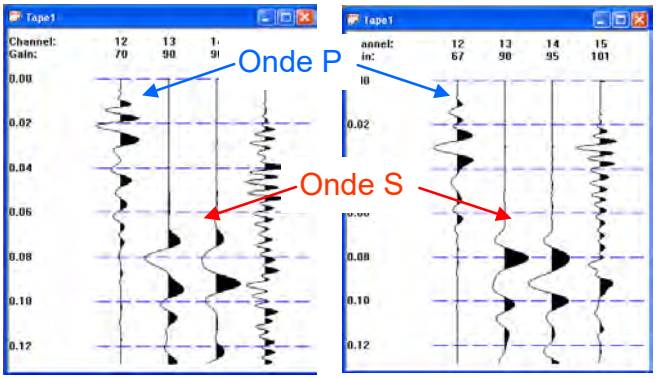


Figura 7 – Esempio di arrivo delle onde P ed S nel corso di una prova down-hole

Il giorno 06/07/2011 è stata effettuata una prova sismica Down-Hole all'interno del tubo messo in posa nel corso della perforazione del sondaggio n. G3, eseguito dal 20/06/2011 al 23/06/2011. Lo scopo dell'indagine è di valutare le velocità sismiche alle varie profondità dei terreni attraversati e la valutazione della Vs30 dal piano di posa delle fondazioni previsto a circa -10.0 m dal p.c. attuale. Come illustrato nel capitolo 6, il sondaggio G3 è stato attrezzato con un tubo in PVC con diametro di 3'' sino alla profondità di -40 m metri da p.c. in modo investigare adeguatamente il substrato al di sotto di -30.0 m dal piano di posa delle fondazioni. La colonna di rivestimento per l'esecuzione della prova in foro Down-Hole è in PVC (quindi un materiale ad alta impedenza alle vibrazioni) e l'intercapedine foro-tubatura, al fine di ottenere dati sismici di elevata qualità, è stata completamente cementata sino al p.c., con immissione da fondo foro di miscela cemento-bentonite a bassa pressione. L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata a partire dal piano di posa delle fondazioni sino ad una profondità di -30.0 m, ottenendo in tal modo una velocità delle onde S pari a 273 m/s. L'area in esame è quindi classificabile in classe C secondo il DM 14/01/2008. Nell'**allegato**, oltre all'elaborazione in oggetto, sono stati desunti dal rapporto tra le onde P ed S, alcuni parametri elastici quali il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young ed il modulo di compressibilità volumetrica.

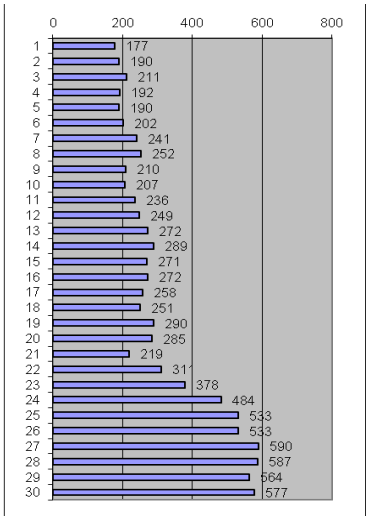
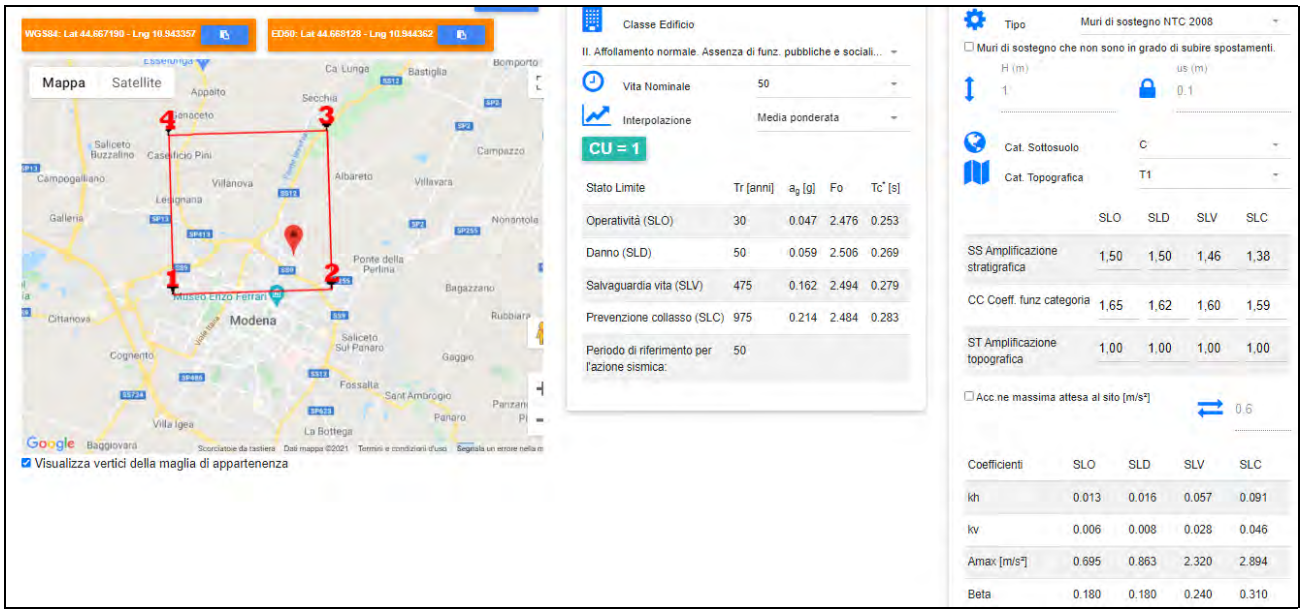


Fig. 8 VS30 273 m/s

Azione Sismica



Inoltre, sulla base della classificazione nazionale che fa ricadere l'area in esame in **classe 3**, il valore di $\mathbf{a_g}$, espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g, da adottare in tale classe era pari ad $\mathbf{a_g}$ = **0.15g.** Ora, sulla base dei contenuti del **D.M. 17/01/2018** "Nuove norme tecniche per le costruzioni" è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 475 anni, per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche: Latitudine: 44.666949N, Longitudine: 10.943882E, tale parametro è risultato pari ad $\mathbf{a_{g\ attesa}}$ = **0.162**$_g$ (riferita al bedrock). Poiché tale valore di accelerazione sismica orizzontale $\mathbf{a_g}$ si riferisce al bedrock, per definire il valore di $\mathbf{a_g}$ in superficie si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo il N.T.C. 2018 D.M. 14/01/2018 da cui, essendo in classe **C** si avrà:

$$\mathbf{S_s = 1.00 \leq 1.70 - (0.60 \bullet F_o \bullet a_g/g) \leq 1.50} \qquad (6.1)$$

dove:

F_o = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a 2.484;

a_g/g = Accelerazione orizzontale del sito desunta da apposito software, con tempo di ritorno pari a 475 anni / accelerazione di gravità;

S_S = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione (6.1); per il sito oggetto di studio risulta pari a 1.46. In base a tale valore del fattore stratigrafico si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale al suolo A_{max} da cui:

$a_g = 0.15_g$. (espressione in g/10);

per D.M. 17/01/2018 i valori di ag sono determinabili in 0,162g (riferiti al bedrock), F_0=2,484; S_s=1,45.

$$\mathbf{A_{max} = S_S \bullet a_g \bullet g = 1.46 \bullet 0.162 \bullet 9.81 = 2.32\ m/s^2}$$

6. VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano i **depositi sabbiosi saturi** e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Un ***terreno incoerente saturo***, in assenza di sollecitazioni sismiche, è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana). Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale eguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Di conseguenza, maggiore è la ***durata di un terremoto*** (maggior numero di cicli), più alta è la

possibilità che si arrivi alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'***ampiezza della vibrazione*** e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per es. al di sotto di un versante). In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultimo e quelle statiche preesistenti al terremoto.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il ***grado di addensamento*** del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la ***distribuzione***, la ***forma delle particelle*** e il ***grado di uniformità*** influenzano notevolmente il fenomeno.

Introduzione

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) FS = CCR / 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.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione adottati nelle verifiche sono:

1) Metodo NCEER Robertson & Wride 1998

Calcolo CSR

Seed e Idriss (1971b) per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma propongono una semplice procedura basata sull'ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza ***z*** (Fig. 1) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

(2.1) τ_{max} = (ag/g) x γz dove ag è l'accelerazione massima in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

Sulla base di queste ipotesi ed introducendo diversi fattori correttivi si ottiene la seguente espressione: (2.2) $CSR_{7,5}$ = 0,65 (ag/g) x (σv0/ σ'v0) x rd x (1 / MSF) x (1 / Kσ)

dove:

σv0 = pressione litostatica totale
σ'v0 = pressione litostatica efficace

rd = coefficiente di riduzione della rigidezza con l'aumentare della profondità z MSF = fattore di correzione per la magnitudo del sito di analisi

Kσ = coefficiente di correzione per la la pressione litostatica

Il coefficiente riduttivo rd viene calcolato con il metodo proposto da Idriss e Golesorskhi che introducono nella valutazione anche il valore della magnitudine M del sisma al sito:

(2.4a) ln(rd) = α + (β x M)

(2.4b) α = - 1,012 -1,126 sen ((z / 11,73) + 5,133)

(2.4b) β = - 1,106 -1,118 sen ((z / 11,28) + 5,142)

le equazioni sono valide per valori di profondità z non superiori a 20 m.

Il fattore correttivo MSF viene calcolato con la seguente espressione sviluppata dal NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research) 1997:

(2.5a) MFS = (MFS_{Idriss} + $MFS_{Andrus\ \&\ Stokoe}$) /2 (2.5b) $MFS_{Idriss} = 10^{2,24} / M^{2,56}$

(2.5c) $MFS_{Andrus\ \&\ Stokoe\ s} = 1(M / 7,5)^{-3,3}$

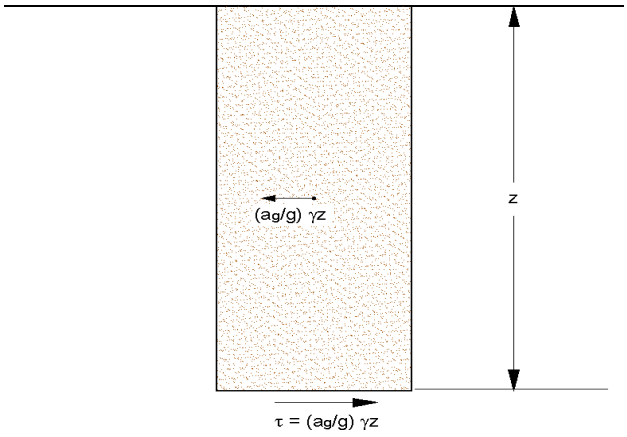


Fig. 9 Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Il coefficiente di correzione per la la pressione litostatica Kσ viene calcolato con la seguente formula:

(2.6) $K\sigma = 1 - C\sigma \ln(\sigma'v0 / Pa) <= 1,1$

Il valore di Cσ è funzione del parametro indice utilizzato, nel caso di prove CPT viene calcolato con la seguente formula:

(2.7) $C\sigma = 1 / 37,3 - (8,27 \times qtn,cs)$

Metodo di Robertson e Wride modificato (1998)

Il 'metodo di Robertson e Wride' utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo ***Ic*** che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

(3.1a) $Ic = [(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} Rf + 1,22)^2]^{0,5}$

(3.1b) $Q = ((qt - \sigma v0) / Pa) \times (Pa / \sigma'v0)^n$

(3.1c) $Rf = (fs / (qt - \sigma v0)) \times 100$

dove

qt è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (100 KPa) nelle stesse unità di

σ'v0 fs è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume n = 1, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di Ic con la (3.1a)

se $Ic \leq 1,64$ allora si assume n = 0,5;

se $1,64 < Ic < 3,30$ allora si assume $n = ((Ic - 1,64) \times 0,3) + 0,5$; se $Ic \geq 3,30$ allora si assume n=1.

Si procede iterativamente ricalcolando Ic con (3.1a) e quindi n, fino a quando la variazione di n (Δn) tra il è minore di 0,01.

Se σ'v0 > 300 Kpa si assume n = 1 per tutti i suoli.

Calcolato Ic, si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata qt mediante la seguente espressione: (3.3) $qtn = (qc/Pa) \times (Pa / \sigma'v0)^n$

dove n è lo stesso del calcolo di Ic.

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine (FC %) viene valutata mediante la seguente procedura:

se Ic ≤ 1,64 allora si assume Kc = 1; se 1,64 < Ic < 2,60 allora si assume

(3.4) $Kc = (0{,}403 \times Ic^4) + (5{,}58 \times Ic^3) + (21{,}63 \times Ic^2) + (0{,}33{,}75 \times Ic) - 17{,}88$

se Ic ≥ 2,60 probabilmente non è liquefacibile se FC % > 1 %; ma se 1,64 < Ic < 2,36 e FC < 0,5allora si assume Kc =1.

Per cui la resistenza alla punta corretta per la frazione di materiale fine è:

(3.5) $qtn,cs = Kc \times qtn$

Nel nostro caso la verifica a liquefazione è stata eseguita sulla verticale della CPTU4, considerando una **magnitudo di riferimento M=6.14,** un'accelerazione sismica di progetto pari a **a_g = 0.23g**, ai sensi delle NTC 2018, e la falda freatica alla profondità di **Dw = - 1,50 m da p.c..** I risultati ottenuti sono i seguenti:

TIPO INDAGINE	IL (Indice di Liquefazione)
CPTU 2	IL = 2.00 (RISCHIO BASSO)

Per conoscenza si evidenzia che il programma usato per il calcolo del coefficiente di liquefazione è LIQUEF della GEOSTRU e che, per la determinazione del coefficiente di sicurezza **Fs** si utilizza la formula **Fs = MSF x R/T** dove **MSF = Fattore di correzione della Magnitudo,** il cui valore è pari a **MSF = 1,67.**

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (***$CRR^{7,5}$***) si calcola con le espressioni seguenti:

se (qtn,cs) < 50 se 50 ≤ (qtn,cs) < 160 (3.6) $CCR_{7,5} = 0{,}833\ (qtn,cs/1000) + 0{,}05$ (3.7) $CCR_{7,5} = 93\ (qtn,cs/1000)^3 + 0{,}08$

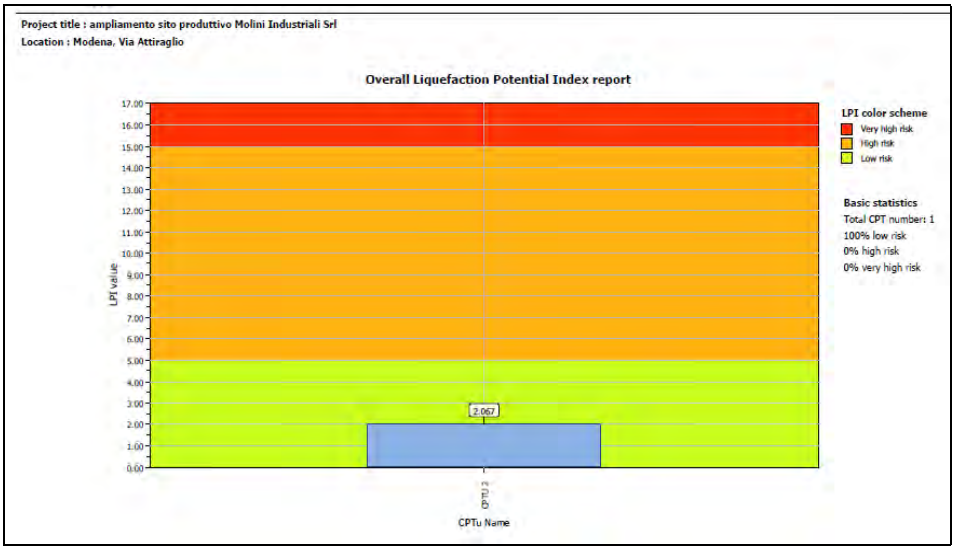


Fig. 10 indice di potenziale liquefazione

7. CONCLUSIONI

La presente relazione ha fornito il modello geologico, geotecnico e sismico del terreno di fondazione su cui sarà realizzato un nuovo magazzino per deposito farine. Inoltre si è fornita la parametrizzazione geotecnica a supporto del progetto preliminare dell'intervento.

Secondo la classificazione del suolo, sulla base della nuova normativa (**D.M. 17/01/2018**) in base ai dati ottenuti dall'indagini geofisica in sito HVSR, si classifica il terreno di fondazione del fabbricato come appartenente alla categoria **C,** corrispondente a depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille a media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di **V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s. Le indagini geotecniche e sismiche hanno evidenziato il costante aumento della resistenza geotecnica e l'incremento della velocità Vs con la profondità quindi si ritiene più cautelativo e affidabile il calcolo dell'azione sismica con l'approccio semplificato delle NTC 2018.**

Castelnuovo Rangone, 02 Dicembre 2021 **Dott. Geol. Fabrizio Anderlini**

Tavola 1

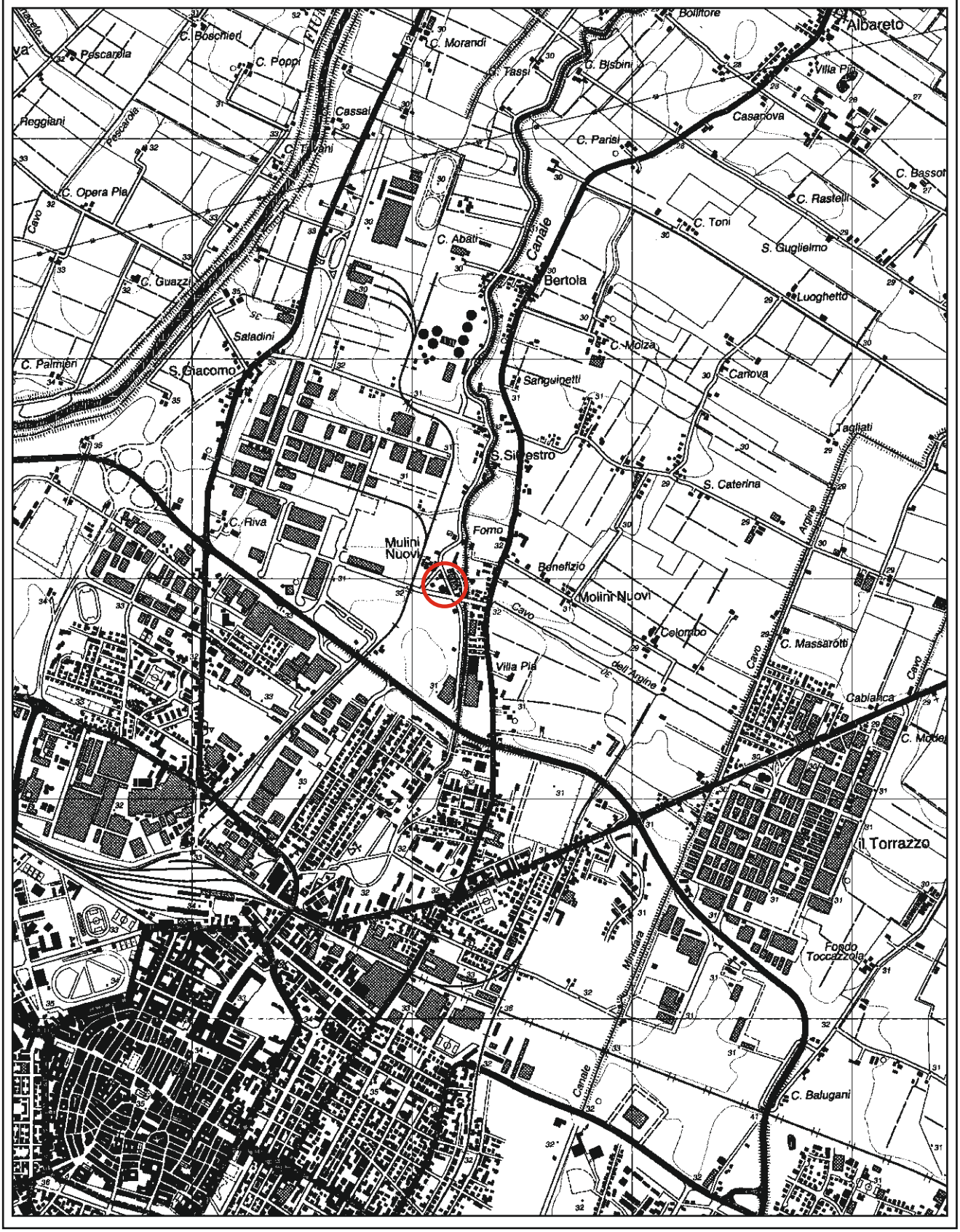
COROGRAFIA

Estratto dalla C.T.R. - R.E.R. - Tavola 201SE "Modena"

Scala 1:25.000

Legenda Ubicazione area in esame

N



Dott. Fabrizio Anderlini - Studio Geologico - Castelnuovo R. (MO)

Tavola 2

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Estratto dalla C.T.R. - R.E.R. - Elemento 201123 «Modena nord-est»

Scala 1:5.000

Legenda Ubicazione area in esame

N

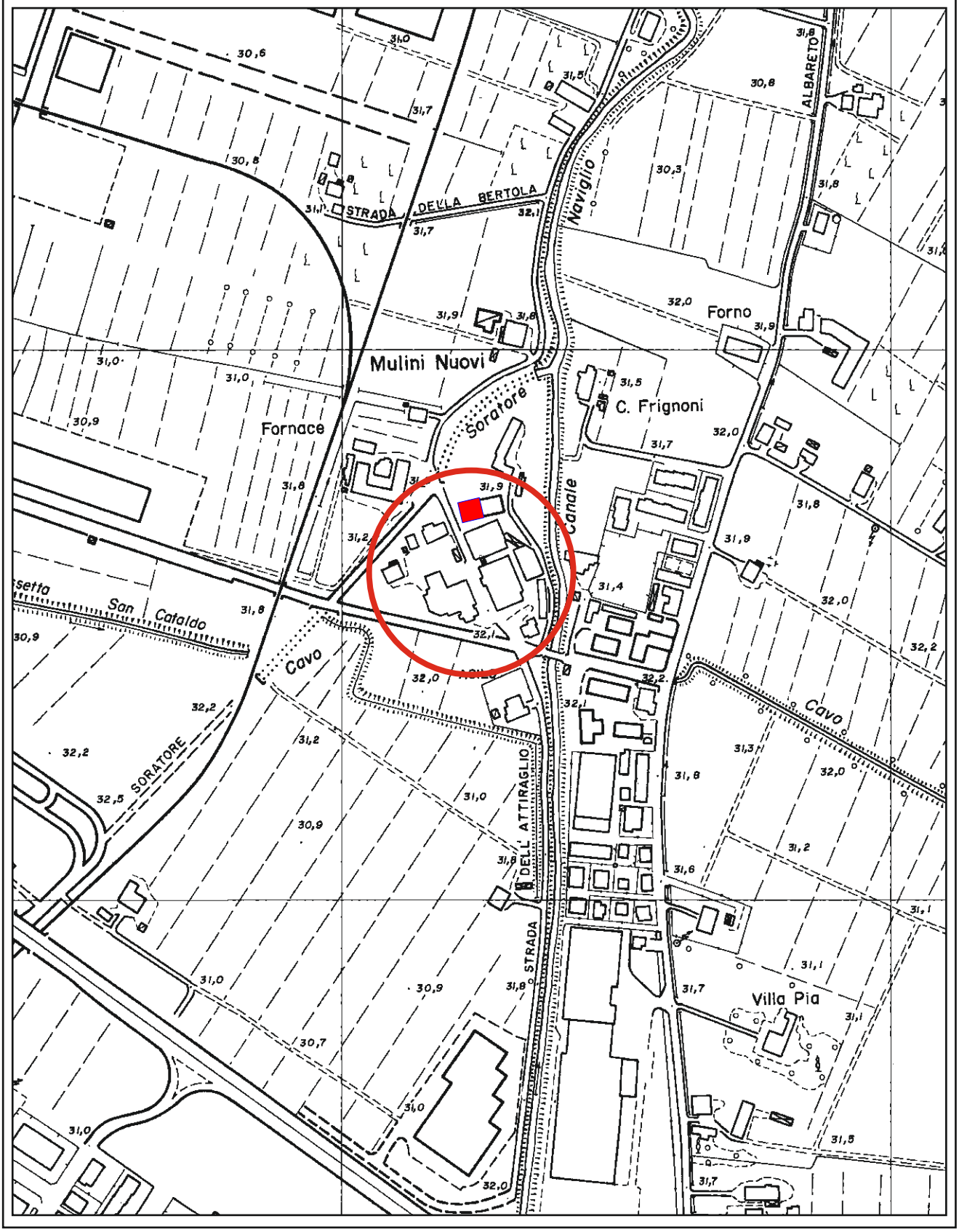


Tavola 3

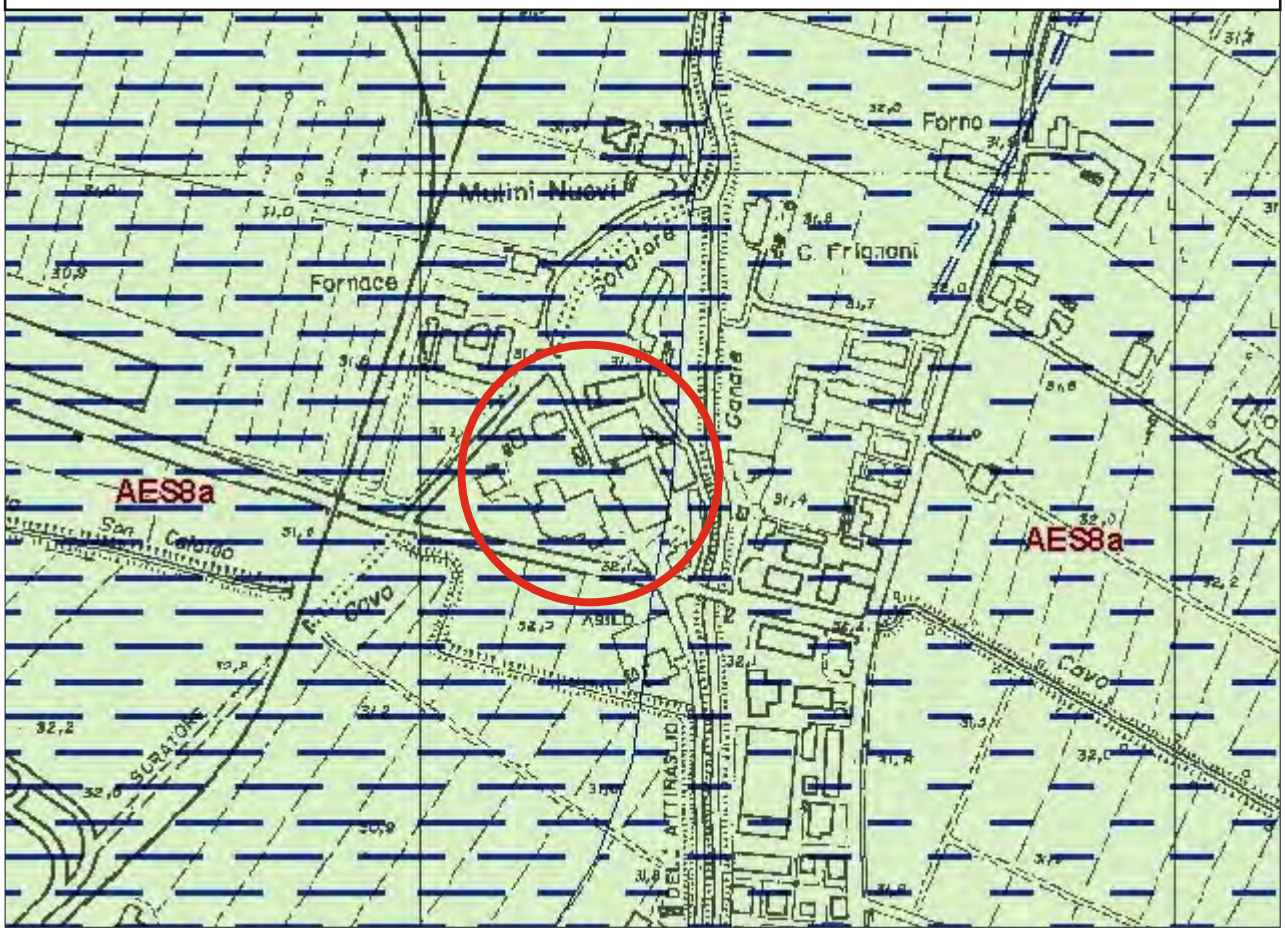
CARTA GEOLOGICA

Estratto da *"Cartografia Geologica - Il Progetto CARG in scala 1:25.000"* - Regione Emilia-Romagna
Fonte: http://geo.regione.emilia-romagna.it

Scala 1:5.000

AES8a - Subsintema di Ravenna - Unità di Modena - Limi e Argille
Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).
Post-VI secolo d.C.

Ubicazione area in esame



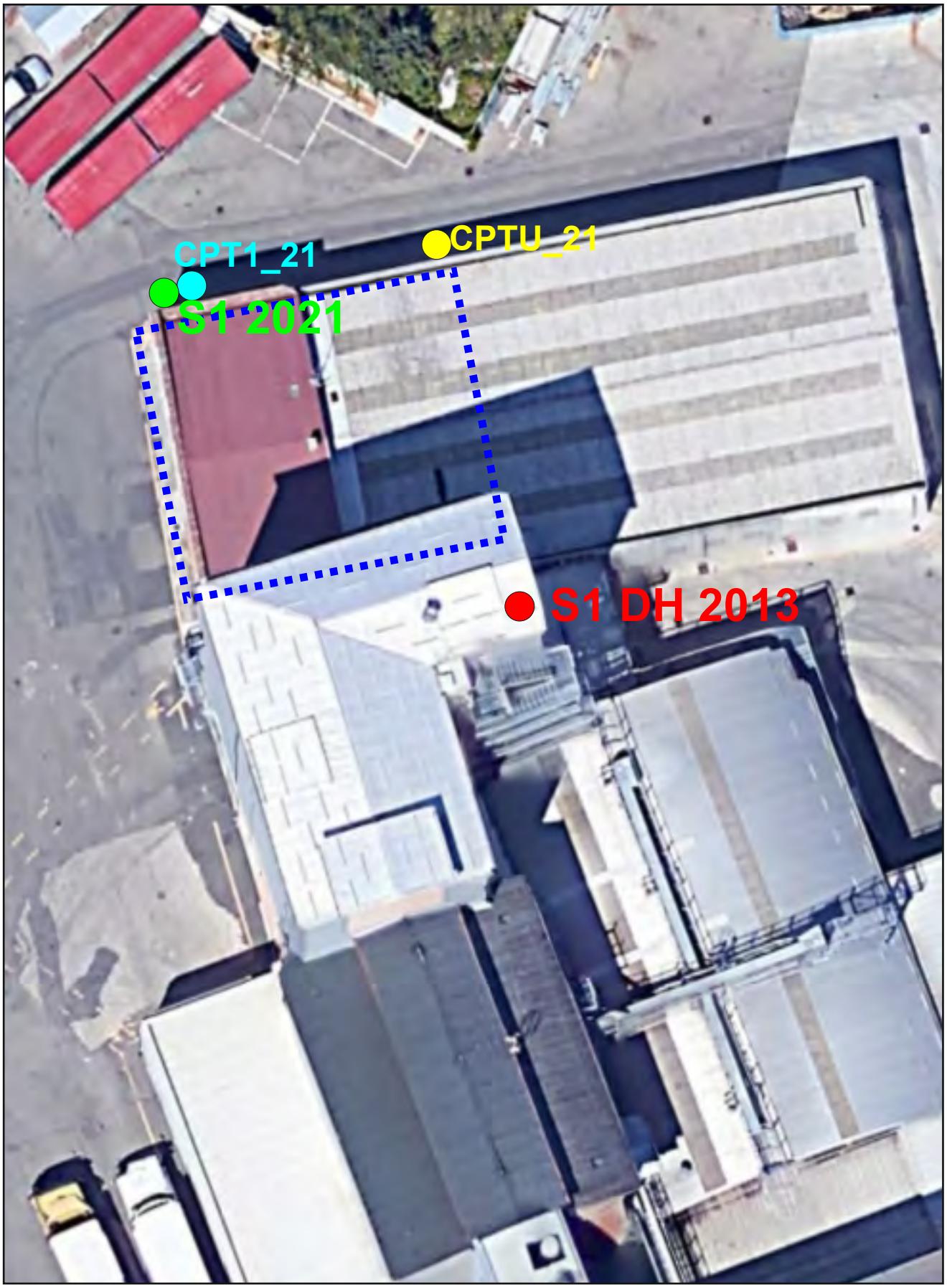
Dott. Fabrizio Anderlini - Studio Geologico - Castelnuovo R. (MO)

Tavola 4

FOTO AEREA CON UBICAZIONE SONDAGGIO

Legenda Ubicazione Indagini

Scala grafica



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA
FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
GOUDA 200 kN -

Caratteristiche:

- punta conica meccanica Ø 35.7 mm, area punta Ap = 10 cm²
- punta conica meccanica angolo di apertura: α = 60°
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø = 35.7 mm - h = 133 mm - Am = 150 cm²)
- velocità di avanzamento costante V = 2 cm/sec (± 0,5 cm / sec)
- spinta max nominale dello strumento Smax variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione CT = SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA
  (dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: qc (MPa) = (L1) x CT /10

fase 2 - resistenza laterale locale: fs (kPa) = [(L2) - (L1)] x CT / 150

fase 3 - resistenza totale : Rt (kPa) = (Lt) x CT

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale fs viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N ≈ 100 kg = 0,1 t
1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N ≈ 100 t
1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa ≈ 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²
1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa ≈ 100 t/m² = 10 kg/cm²
1 kg/cm² = 10 t/m² ≈ 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa
1 t = 1000 kg ≈ 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE
CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: F = (qc / fs)
Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977
Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

	F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
	F ≤ 1470 kPa	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
1470 kPa <	F ≤ 2940 kPa	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
2940 kPa <	F ≤ 5880 kPa	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
	F > 5880 kPa	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

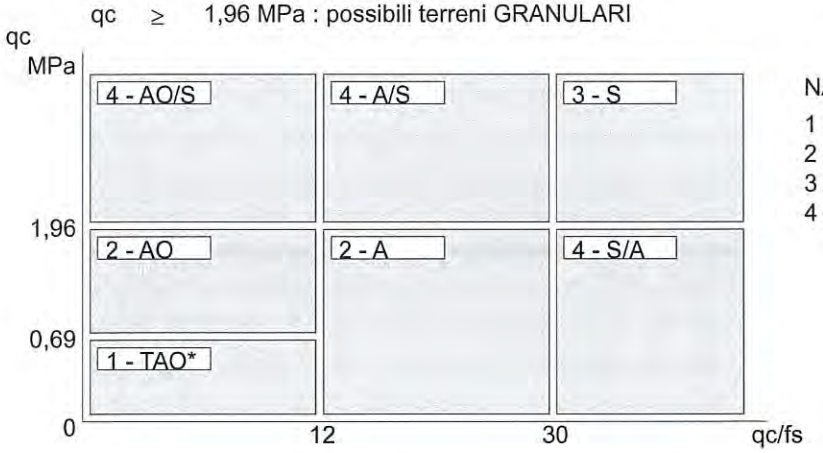
- 1/3 ± - 1/2 di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI
SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

qc ≤ 1,96 MPa : possibili terreni COESIVI — anche se (qc / fs) > 30

qc ≥ 1,96 MPa : possibili terreni GRANULARI — anche se (qc / fs) < 30



NATURA LITOLOGICA

1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
2 - COESIVA IN GENERE
3 - GRANULARE
4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)

$\sigma'vo$ = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')

Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : Cu - qc]

OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - Cu - σ 'vo]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)

Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - Cu - OCR - Ip Ip= ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)

E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)

Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)

Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - σ 'vo (Schmertmann 1976)]

Ø' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : Ø' - Dr - qcσ 'vo)
ØCa - Caquot (1948) — ØKo - Koppejan (1948)
ØDB - De Beer (1965) — ØSc - Schmertmann (1978)
ØDM - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) — ØMe - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)

F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	1
riferimento	081-2021
certificato n°	P02330
n° verb.accett.	

Committente:	Molini Industriali srl	U.M.: MPa	Data esec.: 14/10/2021
Cantiere:	ampliamento sito produttivo	Pagina: 1/2	Data certificato: 14/10/2021
Località:	Modena, Via Attiraglio	Elaborato:	Falda: -2,20 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	-	-	-	-	-
0,60	-	-	-	-	-	-	-
0,80	-	-	-	-	-	-	-
1,00	-	-	-	-	-	-	-
1,20	20,0	45,0		2,0	93,00	22	4,7
1,40	16,0	30,0		1,6	73,00	22	4,6
1,60	9,0	20,0		0,9	80,00	11	8,9
1,80	12,0	24,0		1,2	93,00	13	7,8
2,00	14,0	28,0		1,4	73,00	19	5,2
2,20	9,0	20,0		0,9	73,00	12	8,1
2,40	11,0	22,0		1,1	73,00	15	6,6
2,60	12,0	23,0		1,2	60,00	20	5,0
2,80	10,0	19,0		1,0	47,00	21	4,7
3,00	9,0	16,0		0,9	60,00	15	6,7
3,20	9,0	18,0		0,9	47,00	19	5,2
3,40	7,0	14,0		0,7	33,00	21	4,7
3,60	6,0	11,0		0,6	27,00	22	4,5
3,80	6,0	10,0		0,6	27,00	22	4,5
4,00	5,0	9,0		0,5	27,00	19	5,4
4,20	5,0	9,0		0,5	87,00	6	17,4
4,40	13,0	26,0		1,3	133,00	10	10,2
4,60	160,0	180,0		15,7	100,00	160	0,6
4,80	30,0	45,0		2,9	73,00	41	2,4
5,00	11,0	22,0		1,1	73,00	15	6,6
5,20	15,0	26,0		1,5	80,00	19	5,3
5,40	12,0	24,0		1,2	67,00	18	5,6
5,60	15,0	25,0		1,5	60,00	25	4,0
5,80	18,0	27,0		1,8	60,00	30	3,3
6,00	10,0	19,0		1,0	47,00	21	4,7
6,20	9,0	16,0		0,9	53,00	17	5,9
6,40	10,0	18,0		1,0	80,00	13	8,0
6,60	13,0	25,0		1,3	80,00	16	6,2
6,80	18,0	30,0		1,8	107,00	17	5,9
7,00	20,0	36,0		2,0	140,00	14	7,0
7,20	19,0	40,0		1,9	140,00	14	7,4
7,40	21,0	42,0		2,1	127,00	17	6,0
7,60	22,0	41,0		2,2	147,00	15	6,7
7,80	22,0	44,0		2,2	167,00	13	7,6
8,00	25,0	50,0		2,5	180,00	14	7,2
8,20	31,0	58,0		3,0	207,00	15	6,7
8,40	29,0	60,0		2,8	147,00	20	5,1
8,60	18,0	40,0		1,8	80,00	23	4,4
8,80	18,0	30,0		1,8	87,00	21	4,8
9,00	15,0	28,0		1,5	80,00	19	5,3
9,20	13,0	25,0		1,3	33,00	39	2,5
9,40	16,0	21,0		1,6	113,00	14	7,1
9,60	20,0	37,0		2,0	113,00	18	5,7
9,80	19,0	36,0		1,9	93,00	20	4,9
10,00	15,0	29,0		1,5	93,00	16	6,2
10,20	14,0	28,0		1,4	73,00	19	5,2
10,40	16,0	27,0		1,6	80,00	20	5,0
10,60	18,0	30,0		1,8	107,00	17	5,9
10,80	19,0	35,0		1,9	93,00	20	4,9
11,00	14,0	28,0		1,4	73,00	19	5,2
11,20	11,0	22,0		1,1	100,00	11	9,1
11,40	15,0	30,0		1,5	107,00	14	7,1
11,60	16,0	32,0		1,6	93,00	17	5,8
11,80	20,0	34,0		2,0	133,00	15	6,7
12,00	19,0	39,0		1,9	120,00	16	6,3
12,20	19,0	37,0		1,9	140,00	14	7,4
12,40	19,0	40,0		1,9	120,00	16	6,3
12,60	19,0	37,0		1,9	127,00	15	6,7
12,80	19,0	38,0		1,9	113,00	17	5,9
13,00	18,0	35,0		1,8	107,00	17	5,9
13,20	19,0	35,0		1,9	107,00	18	5,6
13,40	17,0	33,0		1,7	100,00	17	5,9
13,60	19,0	34,0		1,9	120,00	16	6,3
13,80	20,0	38,0		2,0	113,00	18	5,7
14,00	19,0	36,0		1,9	107,00	18	5,6
14,20	19,0	35,0		1,9	107,00	18	5,6
14,40	17,0	33,0		1,7	107,00	16	6,3
14,60	16,0	32,0		1,6	113,00	14	7,1
14,80	16,0	33,0		1,6	93,00	17	5,8
15,00	16,0	30,0		1,6	67,00	24	4,2
15,20	10,0	20,0		1,0			

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata 0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

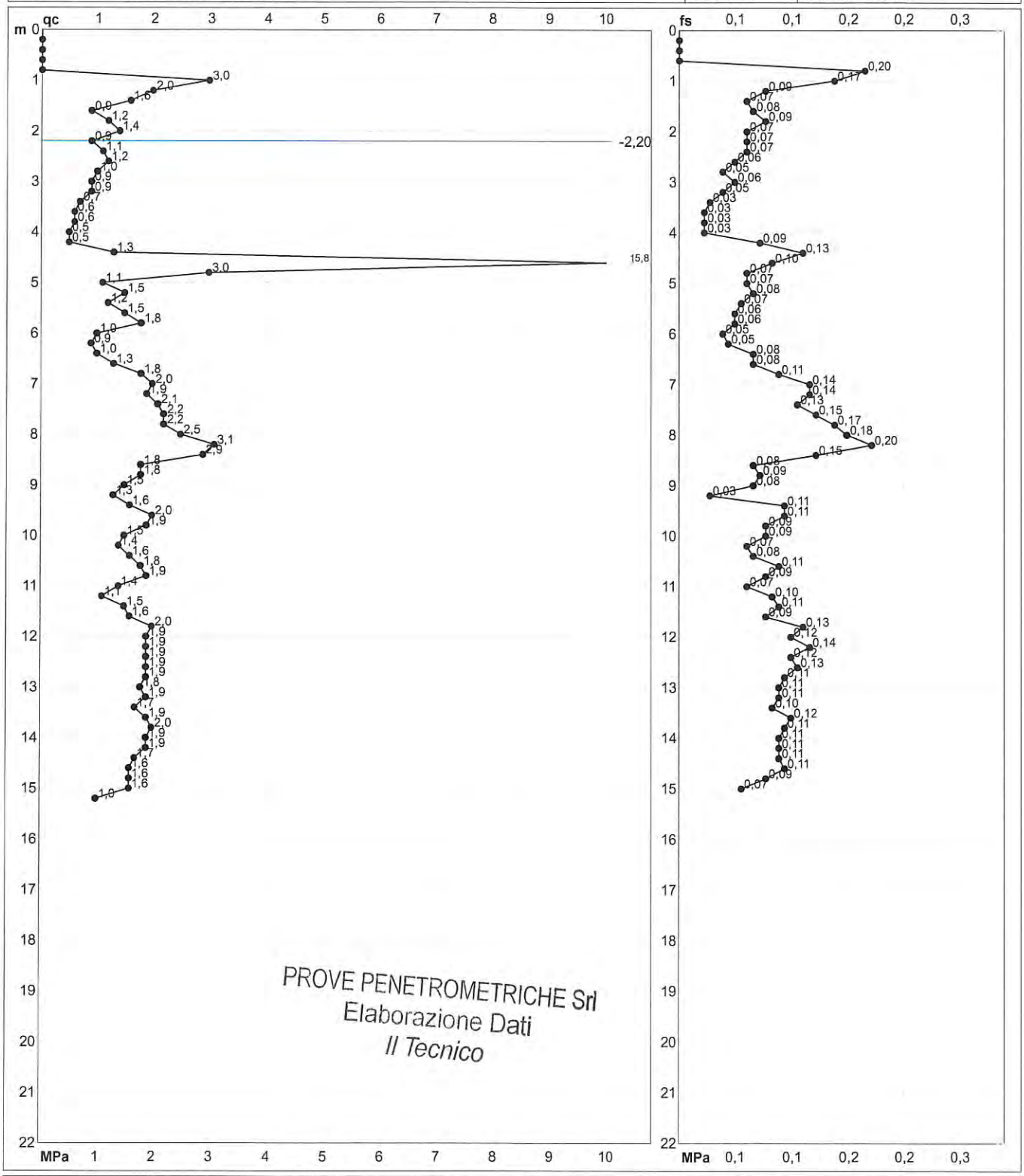
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	081-2021
certificato n°	P02330
n° verb.accett.	

Committente:	Molini Industriali srl	U.M.: MPa	Data esec.: 14/10/2021
Cantiere:	ampliamento sito produttivo	Scala: 1:110	Data certificato: 14/10/2021
Località:	Modena, Via Attiraglio	Pagina: 2/2	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: -2,20 m



		Penetrometro: GOUDA 200 kN	Preforo: m
		Responsabile: Dott. Salvatore Mucci	Corr.astine: kN/ml
		Assistente:	Cod. punta:

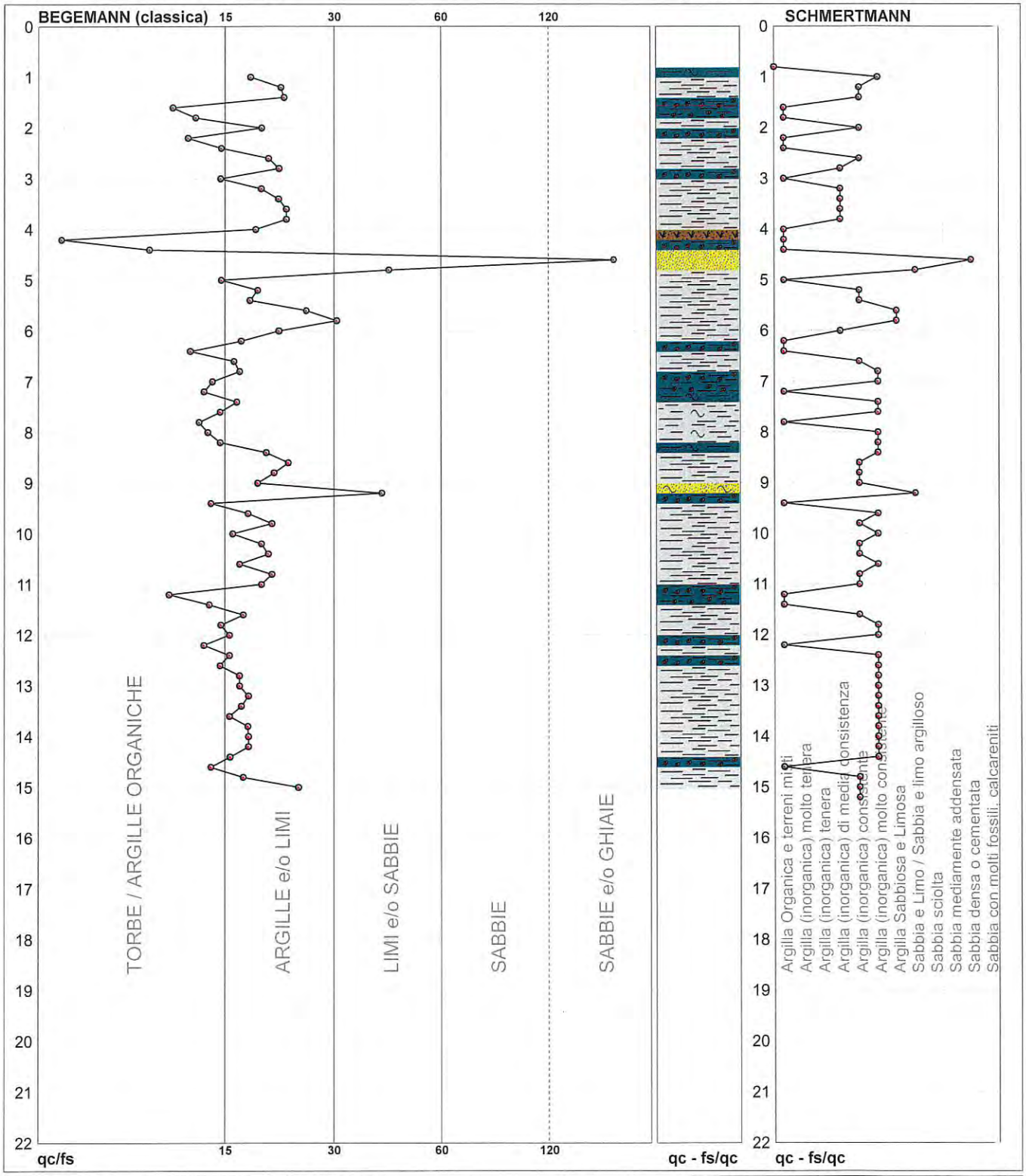
FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
n° verb.accett.	

Committente:	**Molini Industriali srl**	U.M.:	**MPa**	Data esec.:	14/10/2021
Cantiere:	**ampliamento sito produttivo**	Scala:	1:110		
Località:	**Modena, Via Attiraglio**	Pagina:	1/1		
		Elaborato:		Falda:	-2,20 m



Torbe / Argille org. :	23 punti, 21,10%	Argilla Organica e terreni misti:	18 punti, 16,51%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	2 punti, 1,83%
Argille e/o Limi :	49 punti, 44,95%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 5,50%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 1,83%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 1,83%	Argilla (inorganica) consistente:	18 punti, 16,51%	Sabbia densa o cementata:	1 punti, 0,92%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0,92%	Argilla (inorganica) molto consist.:	24 punti, 22,02%		

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	1
n° verb.accett.	

Committente:	**Molini Industriali srl**	U.M.:	**MPa**	Data esec.:	14/10/2021
Cantiere:	**ampliamento sito produttivo**	Pagina:	1/1		
Località:	**Modena, Via Attiraglio**	Elaborato:		Falda:	-2,20 m

							NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FL1	FL2	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0,20	-	-		-	3,6	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-		-	7,3	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	-	-		-	10,9	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	-	-		-	14,5	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	-	-		-	18,1	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	2,0	21,5		1,85	21,8	171	60,3		10,3	15,4	5,9	53	38	32	29	27	36	27	--	--	3,3	4,9	5,9
1,40	1,6	21,9		1,85	25,4	157	53,2		9,0	13,6	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	0,9	11,3		1,85	29,0	127	35,3		7,0	10,4	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	1,2	12,9		1,85	32,6	141	44,4		7,8	11,7	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	1,4	19,2		1,85	36,3	150	49,0		8,6	12,9	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	0,9	12,3		0,88	38,0	127	35,3		10,2	15,3	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	1,1	15,1		0,91	39,8	137	41,9		10,1	15,2	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	1,2	20,0		0,92	41,6	141	44,4		10,5	15,8	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	1,0	21,3		0,90	43,3	132	39,2		11,7	17,6	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	0,9	15,0		0,88	45,1	127	35,3		12,5	18,8	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	0,9	19,1		0,88	46,8	127	35,3		13,1	19,6	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	0,7	21,2		0,84	48,4	115	27,4		13,3	20,0	3,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	0,6	22,2		0,82	50,0	109	23,5		12,6	18,8	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	0,6	22,2		0,82	51,6	109	23,5		12,7	19,0	2,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	0,5	18,5		0,80	53,2	101	19,6		11,2	16,8	2,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	0,5	5,7		0,46	54,1	101	19,6		2,4	3,6	0,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	1,3	9,8		0,93	55,9	145	46,8		15,4	23,1	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	15,7	160,0		1,09	58,1	375	--		--	--	--	100	43	38	35	33	41	36	--	--	26,1	39,2	47,0
4,80	2,9	41,1		0,88	59,8	199	--		--	--	--	43	36	29	26	24	33	29	--	--	4,9	7,4	8,8
5,00	1,1	15,1		0,91	61,6	137	41,9		17,3	25,9	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	1,5	18,8		0,95	63,4	154	51,1		17,6	26,4	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	1,2	17,9		0,92	65,2	141	44,4		18,3	27,5	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	1,5	25,0		0,95	67,1	154	51,1		18,7	28,1	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	1,8	30,0		0,91	68,9	164	56,9		19,0	28,6	5,5	22	34	26	23	21	29	27	--	--	2,9	4,4	5,3
6,00	1,0	21,3		0,90	70,7	132	39,2		19,3	29,0	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	0,9	17,0		0,88	72,4	127	35,3		18,6	27,8	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	1,0	12,5		0,90	74,1	132	39,2		19,9	29,8	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	1,3	16,3		0,93	76,0	145	46,8		21,4	32,1	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	1,8	16,8		0,98	77,9	164	56,9		21,8	32,6	5,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	2,0	14,3		0,93	79,7	171	60,3		22,2	33,4	5,9	22	34	26	22	21	29	27	--	--	3,3	4,9	5,9
7,20	1,9	13,6		0,99	81,6	168	58,6		22,8	34,2	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	2,1	16,5		0,93	83,5	174	61,9		23,3	35,0	6,2	22	34	26	22	21	29	27	--	--	3,4	5,1	6,2
7,60	2,2	15,0		0,93	85,3	177	63,4		23,8	35,7	6,5	23	34	26	23	21	29	28	--	--	3,6	5,4	6,5
7,80	2,2	13,2		0,93	87,1	177	63,4		24,3	36,5	6,5	23	34	26	22	21	29	28	--	--	3,6	5,4	6,5
8,00	2,5	13,9		0,94	89,0	186	67,6		24,8	37,2	7,4	27	34	26	23	22	30	28	--	--	4,1	6,1	7,4
8,20	3,0	15,0		0,97	90,9	202	76,0		25,1	37,6	9,1	34	35	27	24	23	31	29	--	--	5,1	7,6	9,1
8,40	2,8	19,7		0,96	92,8	197	72,4		25,8	38,7	8,5	31	35	27	24	22	30	29	--	--	4,7	7,1	8,5
8,60	1,8	22,5		0,98	94,7	164	56,9		26,5	39,8	5,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	1,8	20,7		0,98	96,6	164	56,9		26,9	40,4	5,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	1,5	18,8		0,95	98,5	154	51,1		26,1	39,2	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	1,3	39,4		0,88	100,2	145	46,8		25,0	37,5	4,6	1	31	22	19	18	25	26	--	--	2,1	3,2	3,8
9,40	1,6	14,2		0,96	102,1	157	53,2		27,1	40,7	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	2,0	17,7		0,93	103,9	171	60,3		28,8	43,3	5,9	15	33	24	21	20	28	27	--	--	3,3	4,9	5,9
9,80	1,9	20,4		0,99	105,8	168	58,6		28,9	43,4	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	1,5	16,1		0,95	107,7	154	51,1		27,2	40,8	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	1,4	19,2		0,94	109,5	150	49,0		26,6	39,9	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	1,6	20,0		0,96	111,4	157	53,2		28,2	42,3	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	1,8	16,8		0,98	113,3	164	56,9		29,6	44,3	5,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	1,9	20,4		0,99	115,3	168	58,6		30,3	45,4	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	1,4	19,2		0,94	117,1	150	49,0		27,1	40,7	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	1,1	11,0		0,91	118,9	137	41,9		24,1	36,1	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	1,5	14,0		0,95	120,8	154	51,1		28,2	42,3	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	1,6	17,2		0,96	122,6	157	53,2		29,1	43,7	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	2,0	15,0		0,93	124,5	171	60,3		31,8	47,7	5,9	11	33	23	20	19	27	27	--	--	3,3	4,9	5,9
12,00	1,9	15,8		0,99	126,4	168	58,6		31,4	47,2	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	1,9	13,6		0,99	128,3	168	58,6		31,6	47,4	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	1,9	15,8		0,99	130,3	168	58,6		31,8	47,7	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	1,9	15,0		0,99	132,2	168	58,6		31,9	47,9	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	1,9	16,8		0,99	134,2	168	58,6		32,1	48,1	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	1,8	16,8		0,98	136,1	164	56,9		31,5	47,3	5,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,20	1,9	17,8		0,99	138,0	168	58,6		32,3	48,5	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,40	1,7	17,0		0,97	139,9	161	55,1		31,0	46,4	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,60	1,9	15,8		0,99	141,9	168	58,6		32,6	48,9	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,80	2,0	17,7		0,93	143,7	171	60,3		33,4	50,1	5,9	7	32	23	19	18	26	27	--	--	3,3	4,9	5,9
14,00	1,9	17,8		0,99	145,6	168	58,6		32,8	49,2	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,20	1,9	17,8		0,99	147,5	168	58,6		32,9	49,3	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,40	1,7	15,9		0,97	149,5	161	55,1		31,4	47,1	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,60	1,6	14,2		0,96	151,3	157	53,2		30,6	45,8	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,80	1,6	17,2		0,96	153,2	157	53,2		30,6	45,9	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15,00	1,6	23,9		0,96	155,1	157	53,2		30,7	46,0	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15,20	1,0	--		0,83	156,7	132	--		--	--	--	--	31	19	15	15	25	26	--	--	1,6	2,5	2,9

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVE PENETROMETRICHE Srl

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	3
riferimento	081-2021
certificato n°	P02331
n° verb.accett.	

Committente:	**Molini Industriali srl**	U.M.: **MPa**	Data esec.: 14/10/2021
Cantiere:	**ampliamento sito produttivo**	Pagina: 1/2	Data certificato: 14/10/2021
Località:	**Modena, Via Attiraglio**	Elaborato:	Falda: -2,30 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	-	-	-	-	-
0,60	-	-	-	-	-	-	-
0,80	-	-	-	-	-	-	-
1,00	-	-	-	-	-	-	-
1,20	150,0	180,0		14,7	73,00	205	0,5
1,40	17,0	28,0		1,7	140,00	12	8,2
1,60	19,0	40,0		1,9	73,00	26	3,8
1,80	16,0	27,0		1,6	53,00	30	3,3
2,00	8,0	16,0		0,8	40,00	20	5,0
2,20	9,0	15,0		0,9	33,00	27	3,7
2,40	9,0	14,0		0,9	53,00	17	5,9
2,60	10,0	18,0		1,0	60,00	17	6,0
2,80	11,0	20,0		1,1	47,00	23	4,3
3,00	10,0	17,0		1,0	47,00	21	4,7
3,20	15,0	22,0		1,5	80,00	19	5,3
3,40	12,0	24,0		1,2	73,00	16	6,1
3,60	11,0	22,0		1,1	53,00	21	4,8
3,80	8,0	16,0		0,8	60,00	13	7,5
4,00	8,0	17,0		0,8	60,00	13	7,5
4,20	9,0	18,0		0,9	87,00	10	9,7
4,40	13,0	26,0		1,3	53,00	25	4,1
4,60	16,0	24,0		1,6	80,00	20	5,0
4,80	16,0	28,0		1,6	93,00	17	5,8
5,00	15,0	29,0		1,5	67,00	22	4,5
5,20	20,0	30,0		2,0	73,00	27	3,7
5,40	9,0	20,0		0,9	80,00	11	8,9
5,60	12,0	24,0		1,2	93,00	13	7,8
5,80	14,0	28,0		1,4	87,00	16	6,2
6,00	13,0	26,0		1,3	87,00	15	6,7
6,20	15,0	28,0		1,5	87,00	17	5,8
6,40	13,0	26,0		1,3	73,00	18	5,6
6,60	9,0	20,0		0,9	67,00	13	7,4
6,80	10,0	20,0		1,0	60,00	17	6,0
7,00	12,0	21,0		1,2	73,00	16	6,1
7,20	16,0	27,0		1,6	87,00	18	5,4
7,40	19,0	32,0		1,9	120,00	16	6,3
7,60	17,0	35,0		1,7	127,00	13	7,5
7,80	19,0	38,0		1,9	140,00	14	7,4
8,00	19,0	40,0		1,9	160,00	12	8,4
8,20	22,0	46,0		2,2	133,00	17	6,0
8,40	30,0	50,0		2,9	167,00	18	5,6
8,60	25,0	50,0		2,5	120,00	21	4,8
8,80	16,0	34,0		1,6	113,00	14	7,1
9,00	21,0	38,0		2,1	127,00	17	6,0
9,20	17,0	36,0		1,7	93,00	18	5,5
9,40	21,0	35,0		2,1	87,00	24	4,1
9,60	13,0	26,0		1,3	73,00	18	5,6
9,80	10,0	21,0		1,0	73,00	14	7,3
10,00	11,0	22,0		1,1	80,00	14	7,3
10,20	12,0	24,0		1,2	93,00	13	7,8
10,40	16,0	30,0		1,6	93,00	17	5,8
10,60	15,0	29,0		1,5	73,00	21	4,9
10,80	11,0	22,0		1,1	60,00	18	5,5
11,00	11,0	20,0		1,1	80,00	14	7,3
11,20	14,0	26,0		1,4	87,00	16	6,2
11,40	17,0	30,0		1,7	80,00	21	4,7
11,60	12,0	24,0		1,2	73,00	16	6,1
11,80	19,0	30,0		1,9	93,00	20	4,9
12,00	22,0	36,0		2,2	160,00	14	7,3
12,20	24,0	48,0		2,4	147,00	16	6,1
12,40	22,0	44,0		2,2	140,00	16	6,4
12,60	19,0	40,0		1,9	127,00	15	6,7
12,80	16,0	35,0		1,6	107,00	15	6,7
13,00	20,0	36,0		2,0	140,00	14	7,0
13,20	22,0	43,0		2,2	140,00	16	6,4
13,40	22,0	43,0		2,2	140,00	16	6,4
13,60	19,0	40,0		1,9	133,00	14	7,0
13,80	18,0	38,0		1,8	113,00	16	6,3
14,00	15,0	32,0		1,5	113,00	13	7,5
14,20	16,0	33,0		1,6	107,00	15	6,7
14,40	19,0	35,0		1,9	53,00	36	2,8
14,60	19,0	27,0		1,9	120,00	16	6,3
14,80	17,0	35,0		1,7	107,00	16	6,3
15,00	16,0	32,0		1,6	113,00	14	7,1
15,20	19,0	36,0		1,9	107,00	18	5,6
15,40	20,0	36,0		2,0	127,00	16	6,4
15,60	22,0	41,0		2,2	127,00	17	5,8
15,80	21,0	40,0		2,1	120,00	18	5,7
16,00	18,0	36,0		1,8	73,00	25	4,1
16,20	15,0	26,0		1,5	47,00	32	3,1
16,40	14,0	21,0		1,4	67,00	21	4,8
16,60	10,0	20,0		1,0	47,00	21	4,7
16,80	9,0	16,0		0,9	47,00	19	5,2
17,00	10,0	17,0		1,0	80,00	13	8,0
17,20	12,0	24,0		1,2	100,00	12	8,3
17,40	15,0	30,0		1,5	133,00	11	8,9
17,60	20,0	40,0		2,0	147,00	14	7,4
17,80	22,0	44,0		2,2	153,00	14	7,0
18,00	23,0	46,0		2,3	147,00	16	6,4
18,20	22,0	44,0		2,2	153,00	14	7,0
18,40	17,0	40,0		1,7	120,00	14	7,1
18,60	17,0	35,0		1,7	147,00	12	8,6
18,80	22,0	44,0		2,2	107,00	21	4,9
19,00	14,0	30,0		1,4	87,00	16	6,2
19,20	13,0	26,0		1,3	93,00	14	7,2
19,40	14,0	28,0		1,4	100,00	14	7,1
19,60	17,0	32,0		1,7	113,00	15	6,6
19,80	17,0	34,0		1,7	107,00	16	6,3
20,00	16,0	32,0		1,6	80,00	20	5,0
20,20	18,0	30,0		1,8			

PROVE PENETROMETRICHE Srl
Elaborazione Dati
Il Tecnico

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata 0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

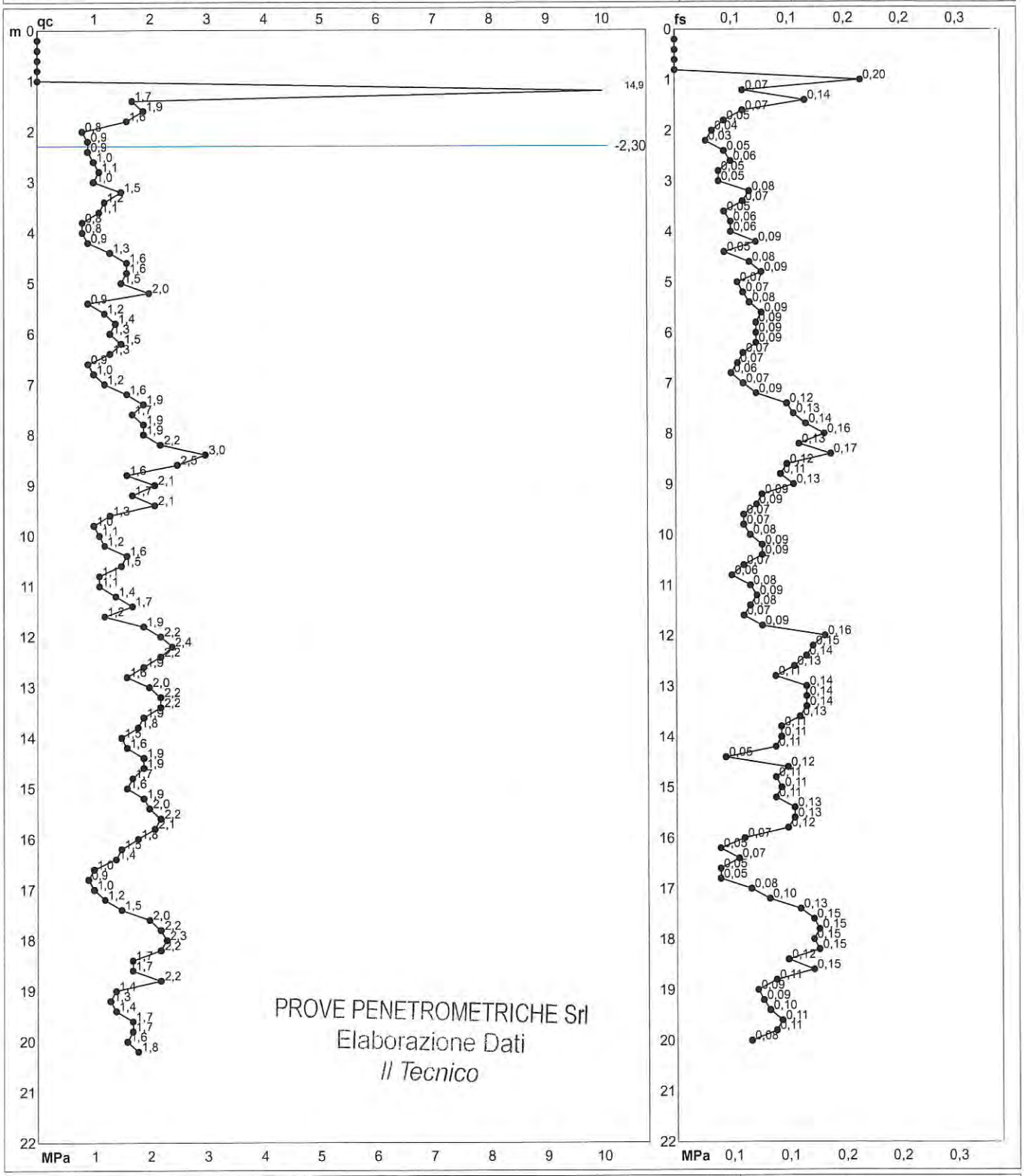
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
riferimento	081-2021
certificato n°	P02331
n° verb.accett.	

Committente:	Molini Industriali srl	U.M.: MPa	Data esec.: 14/10/2021
Cantiere:	ampliamento sito produttivo	Scala: 1:110	Data certificato: 14/10/2021
Località:	Modena, Via Attiraglio	Pagina: 2/2	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: -2,30 m



		Penetrometro: GOUDA 200 kN	Preforo: -1,00 m
		Responsabile: Dott. Salvatore Mucci	Corr.astine: kN/ml
		Assistente:	Cod. punta:

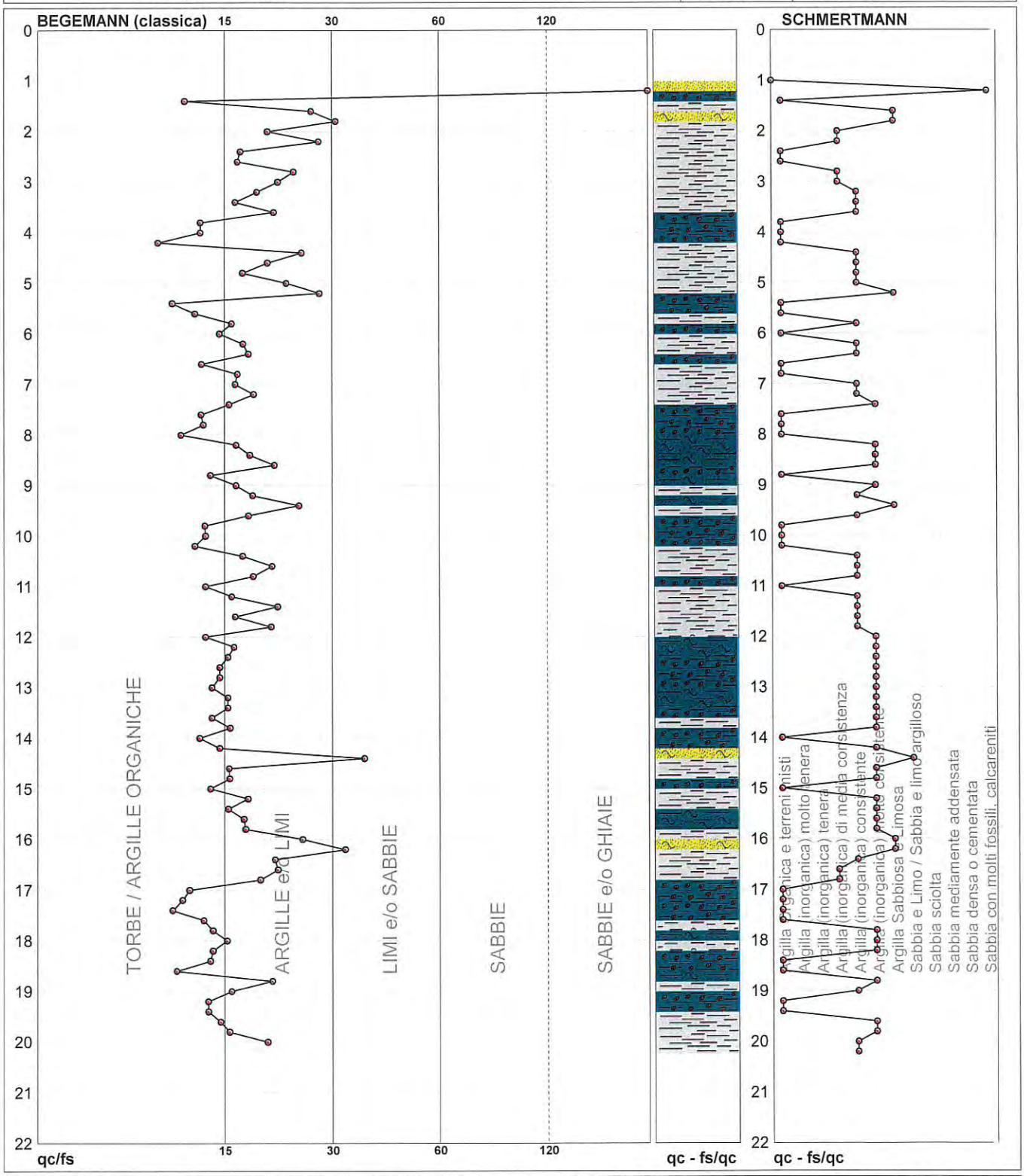
FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
n° verb.accett.	

Committente:	**Molini Industriali srl**	U.M.:	**MPa**	Data esec.:	14/10/2021
Cantiere:	**ampliamento sito produttivo**	Scala:	1:110		
Località:	**Modena, Via Attiraglio**	Pagina:	1/1		
		Elaborato:		Falda:	-2,30 m



Torbe / Argille org. :	39 punti, 35,78%	Argilla Organica e terreni misti:	29 punti, 26,61%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 5,50%
Argille e/o Limi :	57 punti, 52,29%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 5,50%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punti, 0,92%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 2,75%	Argilla (inorganica) consistente:	24 punti, 22,02%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 0,92%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0,92%	Argilla (inorganica) molto consist.:	28 punti, 25,69%		

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	3
n° verb.accett.	

Committente:	**Molini Industriali srl**	U.M.:	**MPa**	Data esec.:	14/10/2021
Cantiere:	**ampliamento sito produttivo**	Pagina:	1/1		
Località:	**Modena, Via Attiraglio**	Elaborato:		Falda:	-2,30 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FL1	FL2	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0,20	-	-		-	3,6	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-		-	7,3	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	-	-		-	10,9	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	-	-		-	14,5	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	-	-		-	18,1	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	14,7	205,5		1,85	21,8	366	--		--	--	--	100	43	42	40	37	45	36	--	--	24,5	36,8	44,1
1,40	1,7	12,1		1,85	25,4	161	55,1		9,4	14,0	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	1,9	26,0		1,85	29,0	168	58,6		10,0	15,0	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	1,6	30,2		1,85	32,6	157	53,2		9,0	13,6	5,1	36	36	29	26	24	33	27	--	--	2,6	3,9	4,7
2,00	0,8	20,0		1,85	36,3	121	31,4		9,9	14,9	3,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	0,9	27,3		1,85	39,9	127	35,3		10,9	16,3	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	0,9	17,0		0,88	41,6	127	35,3		11,4	17,2	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	1,0	16,7		0,90	43,4	132	39,2		11,7	17,6	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	1,1	23,4		0,91	45,2	137	41,9		12,1	18,2	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	1,0	21,3		0,90	46,9	132	39,2		12,9	19,4	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	1,5	18,8		0,95	48,8	154	51,1		12,5	18,7	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	1,2	16,4		0,92	50,6	141	44,4		13,8	20,7	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	1,1	20,8		0,91	52,4	137	41,9		14,5	21,8	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	0,8	13,3		0,86	54,1	121	31,4		15,0	22,5	3,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	0,8	13,3		0,86	55,7	121	31,4		15,3	23,0	3,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	0,9	10,3		0,88	57,5	127	35,3		16,2	24,2	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	1,3	24,5		0,93	59,3	145	46,8		16,5	24,7	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	1,6	20,0		0,96	61,2	157	53,2		16,7	25,1	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	1,6	17,2		0,96	63,1	157	53,2		17,4	26,0	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	1,5	22,4		0,95	64,9	154	51,1		18,1	27,1	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	2,0	27,4		0,93	66,7	171	60,3		18,1	27,1	5,9	26	34	27	23	22	30	27	--	--	3,3	4,9	5,9
5,40	0,9	11,3		0,88	68,5	127	35,3		18,1	27,2	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	1,2	12,9		0,92	70,3	141	44,4		19,8	29,7	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	1,4	16,1		0,94	72,1	150	49,0		20,2	30,4	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	1,3	14,9		0,93	73,9	145	46,8		20,9	31,3	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	1,5	17,2		0,95	75,8	154	51,1		21,3	32,0	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	1,3	17,8		0,93	77,6	145	46,8		21,8	32,6	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	0,9	13,4		0,88	79,3	127	35,3		19,2	28,8	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	1,0	16,7		0,90	81,1	132	39,2		20,7	31,0	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	1,2	16,4		0,92	82,9	141	44,4		22,3	33,5	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	1,6	18,4		0,96	84,8	157	53,2		23,9	35,9	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	1,9	15,8		0,99	86,7	168	58,6		24,4	36,6	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	1,7	13,4		0,97	88,6	161	55,1		25,0	37,4	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	1,9	13,6		0,99	90,6	168	58,6		25,6	38,4	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	1,9	11,9		0,99	92,5	168	58,6		26,1	39,2	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	2,2	16,5		0,93	94,3	177	63,4		26,5	39,8	6,5	21	34	25	22	21	29	28	--	--	3,6	5,4	6,5
8,40	2,9	18,0		0,96	96,2	199	73,5		26,8	40,3	8,8	31	35	27	24	22	30	29	--	--	4,9	7,4	8,8
8,60	2,5	20,8		0,94	98,1	186	67,6		27,4	41,2	7,4	24	34	26	23	21	29	28	--	--	4,1	6,1	7,4
8,80	1,6	14,2		0,96	100,0	157	53,2		26,8	40,3	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	2,1	16,5		0,93	101,8	174	61,9		28,6	42,9	6,2	17	33	25	21	20	28	27	--	--	3,4	5,1	6,2
9,20	1,7	18,3		0,97	103,7	161	55,1		27,8	41,7	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	2,1	24,1		0,93	105,5	174	61,9		29,4	44,1	6,2	17	33	25	21	20	28	27	--	--	3,4	5,1	6,2
9,60	1,3	17,8		0,93	107,3	145	46,8		25,6	38,4	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	1,0	13,7		0,90	109,1	132	39,2		22,4	33,7	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	1,1	13,8		0,91	110,9	137	41,9		23,7	35,6	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	1,2	12,9		0,92	112,7	141	44,4		24,9	37,4	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	1,6	17,2		0,96	114,6	157	53,2		28,5	42,8	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	1,5	20,5		0,95	116,4	154	51,1		27,9	41,9	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	1,1	18,3		0,91	118,2	137	41,9		24,0	36,1	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	1,1	13,8		0,91	120,0	137	41,9		24,1	36,1	4,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	1,4	16,1		0,94	121,8	150	49,0		27,4	41,1	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	1,7	21,3		0,97	123,7	161	55,1		30,0	44,9	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	1,2	16,4		0,92	125,5	141	44,4		25,5	38,2	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	1,9	20,4		0,99	127,5	168	58,6		31,5	47,3	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	2,2	13,8		0,93	129,3	177	63,4		33,3	49,9	6,5	13	33	24	20	19	27	28	--	--	3,6	5,4	6,5
12,20	2,4	16,3		0,94	131,1	183	66,3		34,3	51,5	7,1	16	33	24	21	20	27	28	--	--	3,9	5,9	7,1
12,40	2,2	15,7		0,93	133,0	177	63,4		33,7	50,5	6,5	13	33	24	20	19	27	28	--	--	3,6	5,4	6,5
12,60	1,9	15,0		0,99	134,9	168	58,6		32,1	48,2	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	1,6	15,0		0,96	136,8	157	53,2		30,0	45,0	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	2,0	14,3		0,93	138,6	171	60,3		33,0	49,5	5,9	8	32	23	20	19	26	27	--	--	3,3	4,9	5,9
13,20	2,2	15,7		0,93	140,4	177	63,4		34,3	51,5	6,5	11	33	23	20	19	27	28	--	--	3,6	5,4	6,5
13,40	2,2	15,7		0,93	142,3	177	63,4		34,5	51,7	6,5	11	33	23	20	19	26	28	--	--	3,6	5,4	6,5
13,60	1,9	14,3		0,99	144,2	168	58,6		32,7	49,1	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,80	1,8	15,9		0,98	146,1	164	56,9		32,1	48,1	5,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,00	1,5	13,3		0,95	148,0	154	51,1		29,5	44,2	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,20	1,6	15,0		0,96	149,9	157	53,2		30,5	45,8	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,40	1,9	35,8		0,92	151,7	168	58,6		33,1	49,7	5,7	4	32	22	19	18	25	27	--	--	3,1	4,7	5,6
14,60	1,9	15,8		0,99	153,6	168	58,6		33,2	49,8	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,80	1,7	15,9		0,97	155,5	161	55,1		31,6	47,4	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15,00	1,6	14,2		0,96	157,4	157	53,2		30,7	46,1	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15,20	1,9	17,8		0,99	159,3	168	58,6		33,4	50,2	5,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15,40	2,0	15,7		0,93	161,2	171	60,3		34,3	51,4	5,9	5	32	22	19	18	25	27	--	--	3,3	4,9	5,9
15,60	2,2	17,3		0,93	163,0	177	63,4		35,7	53,6	6,5	8	32	23	19	18	26	28	--	--	3,6	5,4	6,5
15,80	2,1	17,5		0,93	164,8	174	61,9		35,2	52,7	6,2	6	32	22	19	18	25	27	--	--	3,4	5,1	6,2
16,00	1,8	24,7		0,98	166,7	164	56,9		32,9	49,3	5,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16,20	1,5	31,9		0,89	168,5	154	51,1		30,0	45,0	4,9	--	31	21	17	16	25	27	--	--	2,5	3,7	4,4
16,40	1,4	20,9		0,94	170,3	150	49,0		28,9	43,4	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16,60	1,0	21,3		0,90	172,1	132	39,2		23,5	35,3	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16,80	0,9	19,1		0,88	173,8	127	35,3		21,2	31,8	3,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17,00	1,0	12,5		0,90	175,6	132	39,2		23,5	35,3	3,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17,20	1,2	12,0		0,92	177,4	141	44,4		26,5	39,7	4,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17,40	1,5	11,3		0,95	179,3	154	51,1		30,2	45,3	4,9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17,60	2,0	13,6		0,93	181,1	171	60,3		35,0	52,4	5,9	2	31	22	18	17	25	27	--	--	3,3	4,9	5,9
17,80	2,2	14,4		0,93	182,9	177	63,4		36,5	54,8	6,5	5	32	22	19	18	25	28	--	--	3,6	5,4	6,5
18,00	2,3	15,6		0,94	184,7	180	64,9		37,3	55,9	6,8	6	32	22	19	18	25	28	--	--	3,8	5,6	6,8
18,20	2,2	14,4		0,93	186,6	177	63,4		36,6	55,0	6,5	4	32	22	19	18	25	28	--	--	3,6	5,4	6,5
18,40	1,7	14,2		0,97	188,5	161	55,1		32,4	48,7	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18,60	1,7	11,6		0,97	190,4	161	55,1		32,5	48,7	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18,80	2,2	20,6		0,93	192,2	177	63,4		36,8	55,2	6,5	4	32	22	18	17	25	28	--	--	3,6	5,4	6,5
19,00	1,4	16,1		0,94	194,0	150	49,0		29,2	43,8	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19,20	1,3	14,0		0,93	195,9	145	46,8		28,0	42,0	4,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19,40	1,4	14,0		0,94	197,7	150	49,0		29,3	43,9	4,7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19,60	1,7	15,0		0,97	199,6	161	55,1		32,6	48,9	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19,80	1,7	15,9		0,97	201,5	161	55,1		32,6	49,0	5,3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,00	1,6	20,0		0,96	203,4	157	53,2		31,6	47,4	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	3
n° verb.accett.	

Committente:	**Molini Industriali srl**	U.M.: **MPa**	Data esec.: 14/10/2021
Cantiere:	**ampliamento sito produttivo**	Pagina: 1/1	
Località:	**Modena, Via Attiraglio**	Elaborato:	Falda: -2,30 m

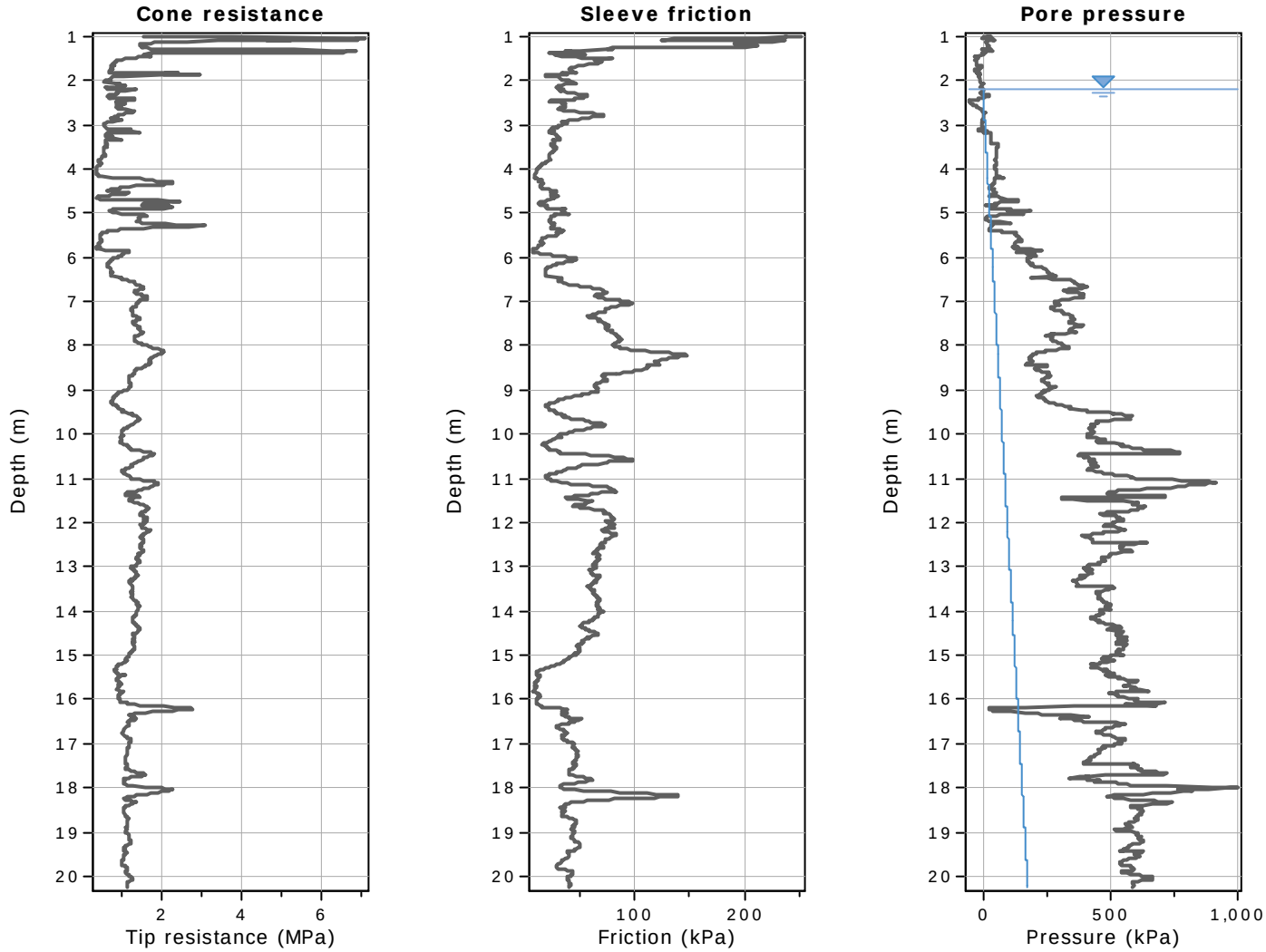
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE												
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FL1	FL2	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
20,00	1,6	20,0		0,96	205,3	157	53,2		31,6	47,5	5,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,20	1,8	--		0,85	206,9	164	--		--	--	--	--	31	20	17	16	25	27	--	--	2,9	4,4	5,3

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

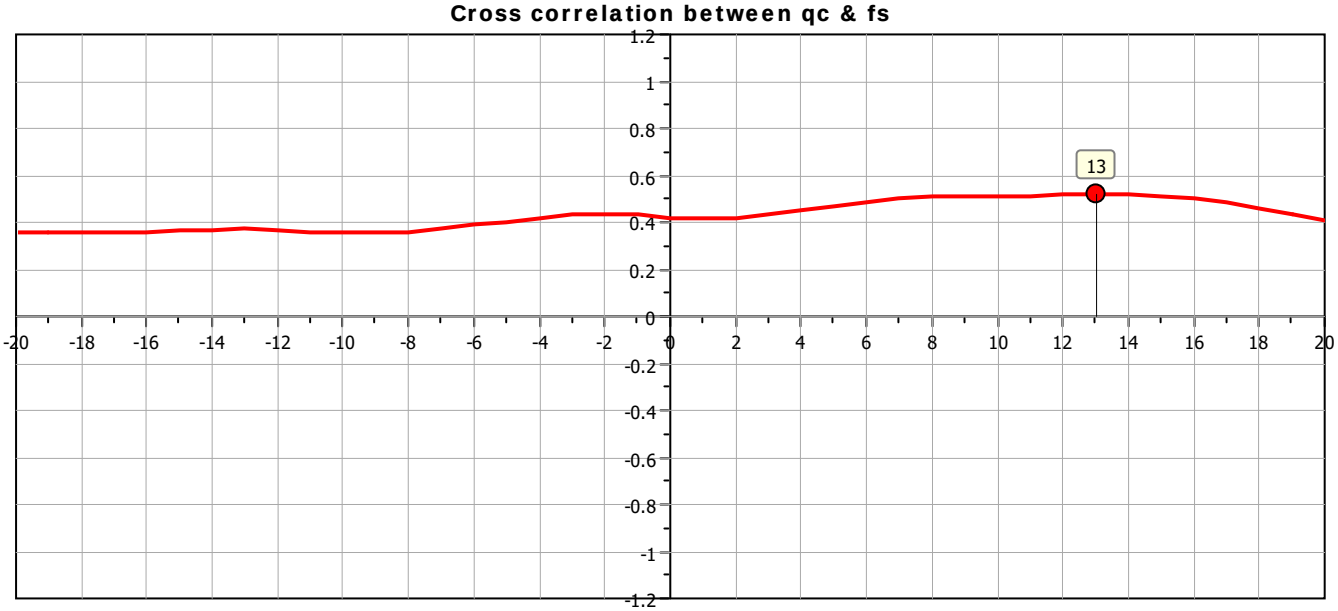
Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).

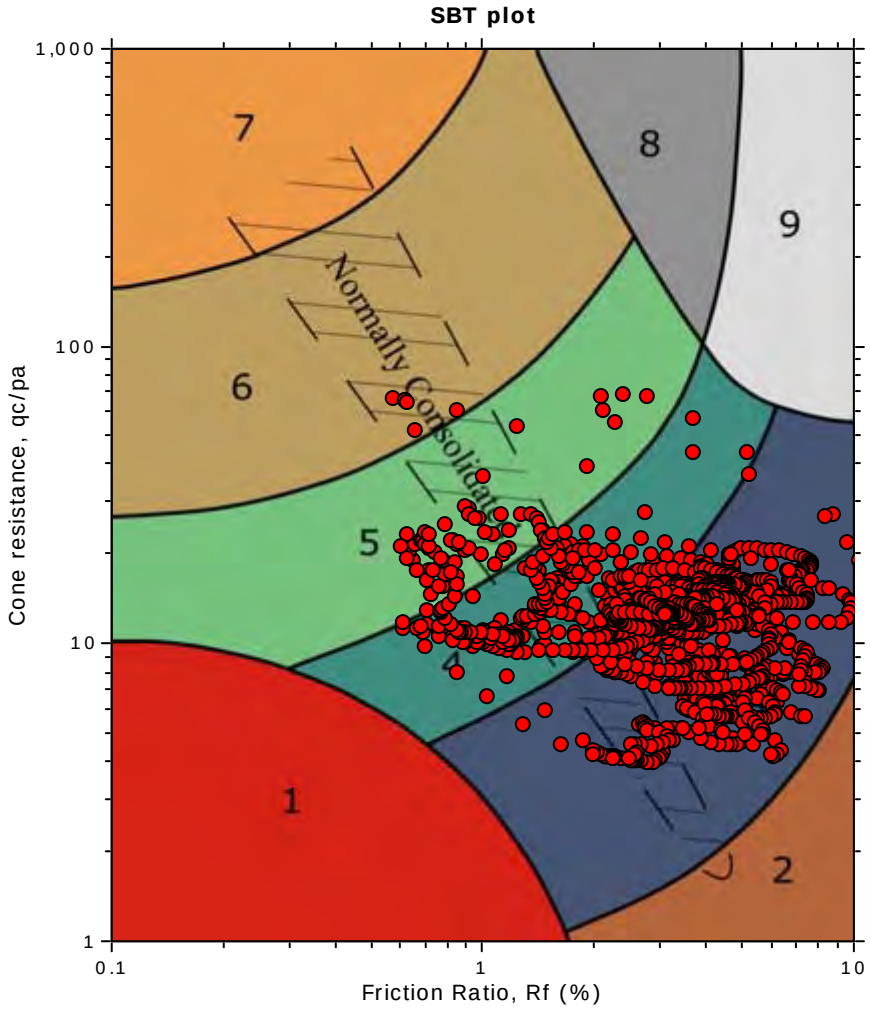


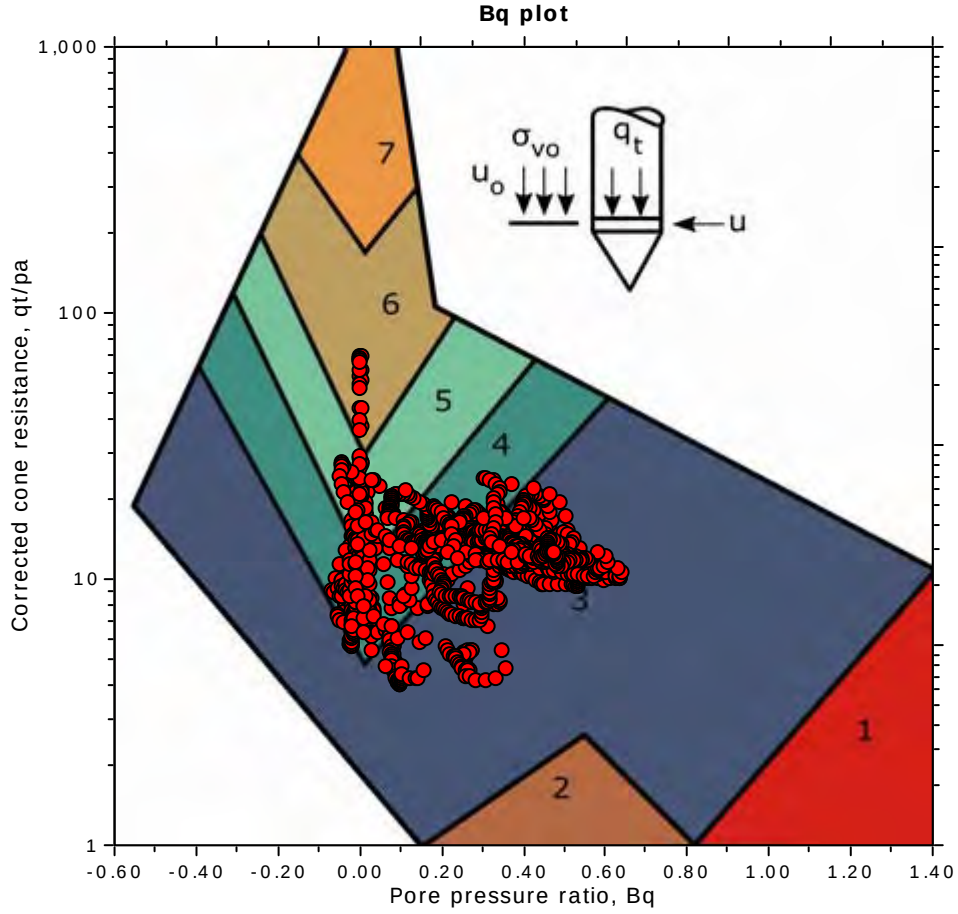
Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**

SBT - Bq plots





SBT legend

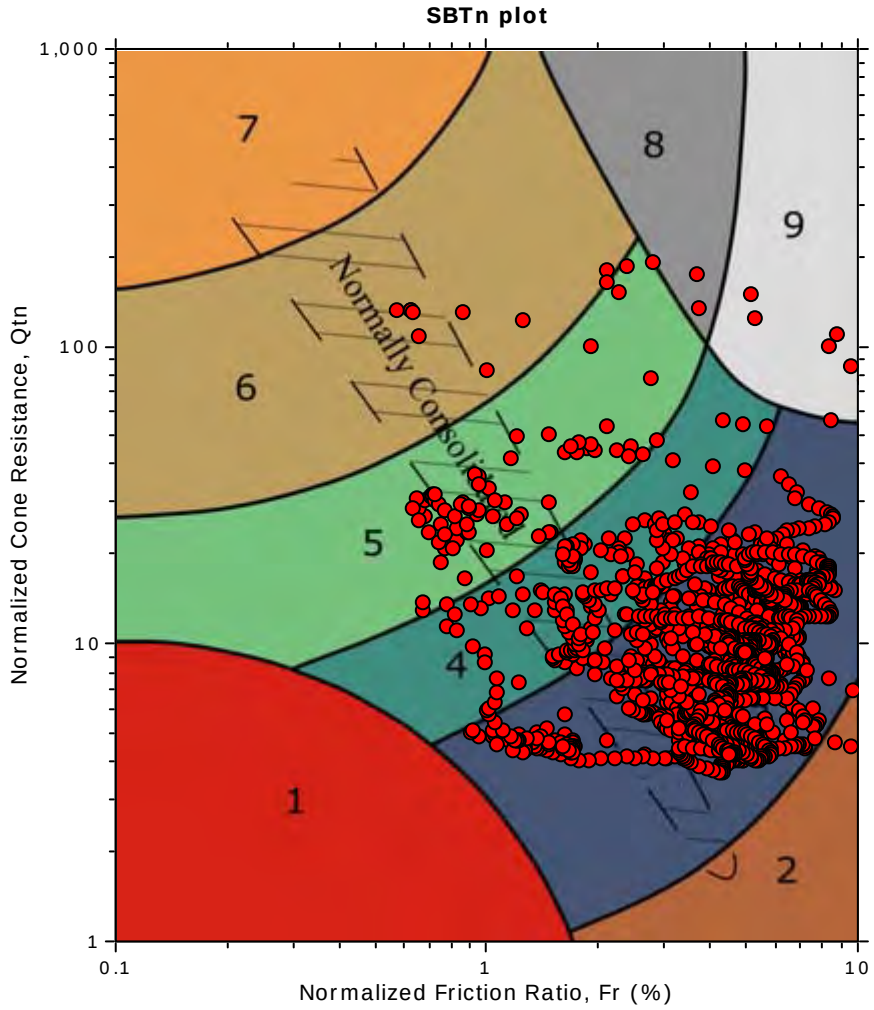
1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravelly sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

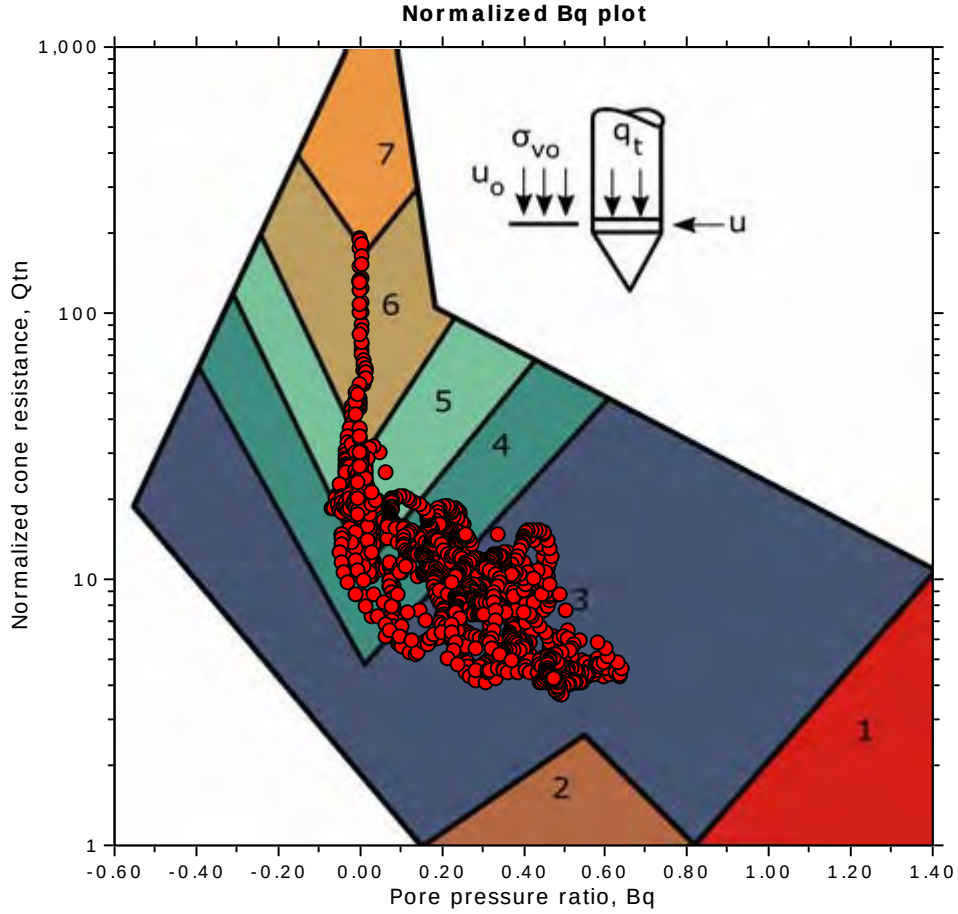
Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**

SBT - Bq plots (normalized)





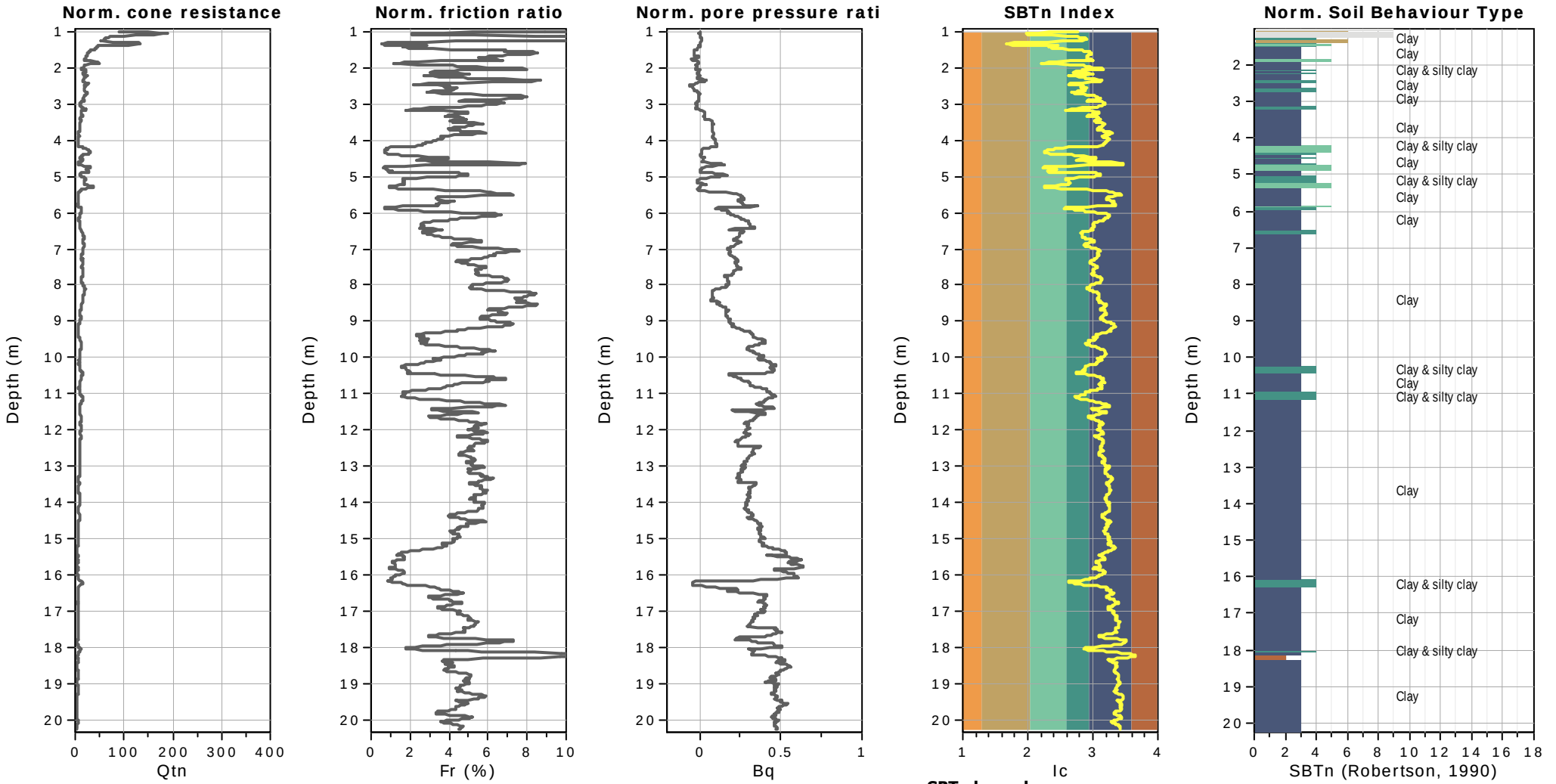
SBTn legend

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

Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**



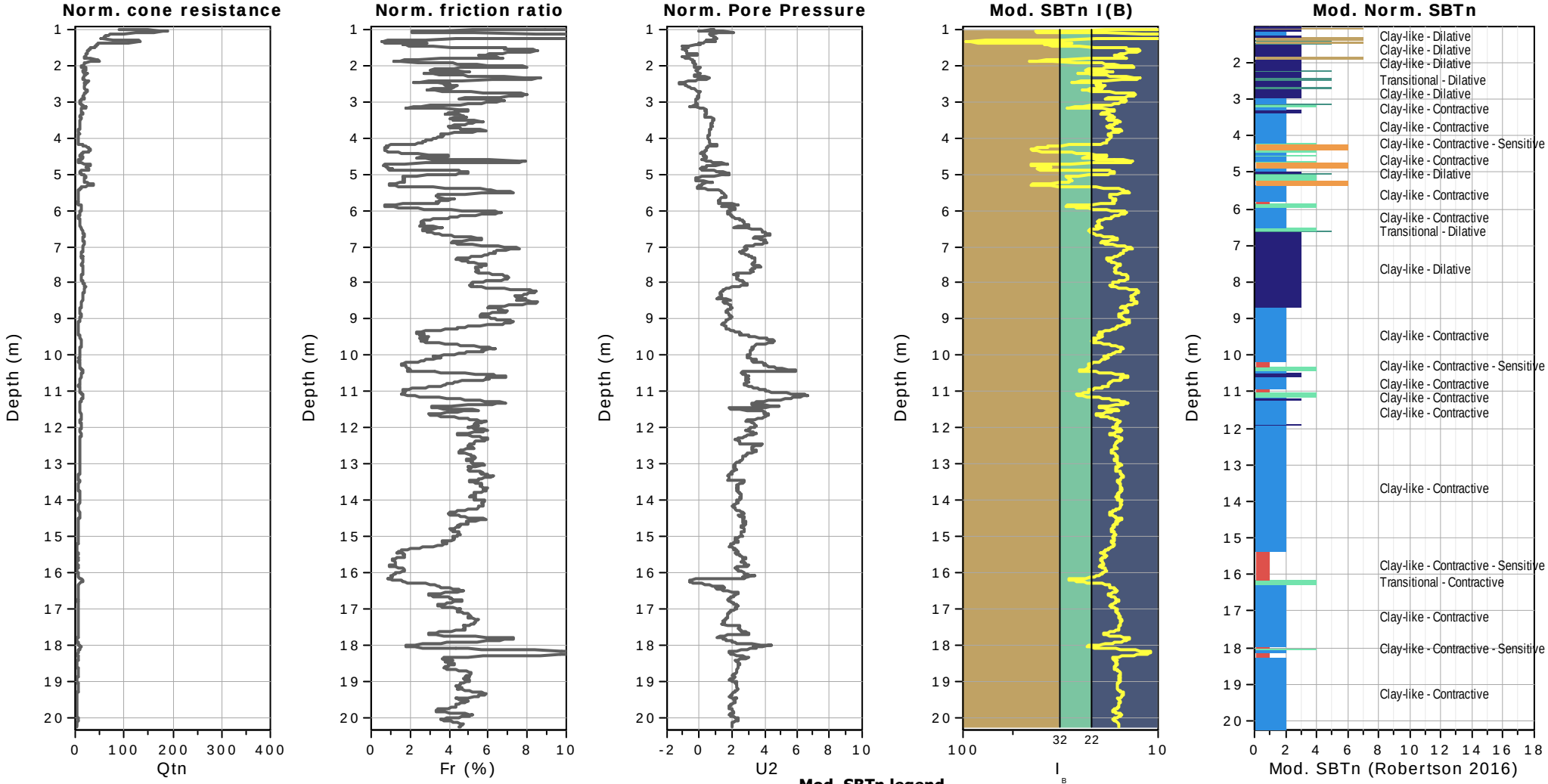
SBTn legend

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

Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**



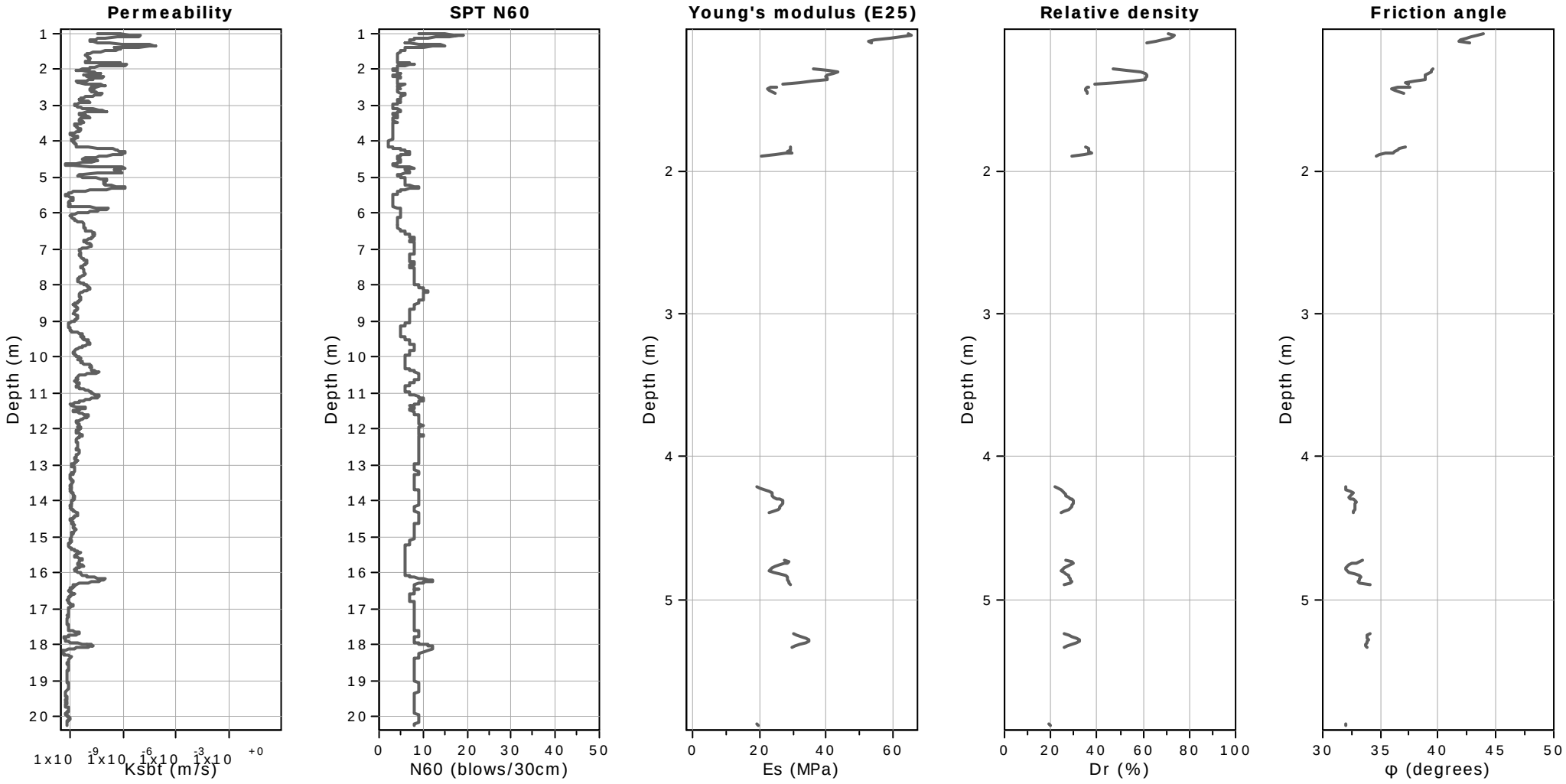
Mod. SBTn legend

1. CCS: ClayLike - Contractive, Sensitive
2. CC: Clay-like - Contractive
3. CD: Clay-Like: Dilative
4. TC: Transitional - Contractive
5. TD: Transitional - Dilative
6. SC: Sand-like - Contractive
7. SD: Sand-like - Dilative

Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**



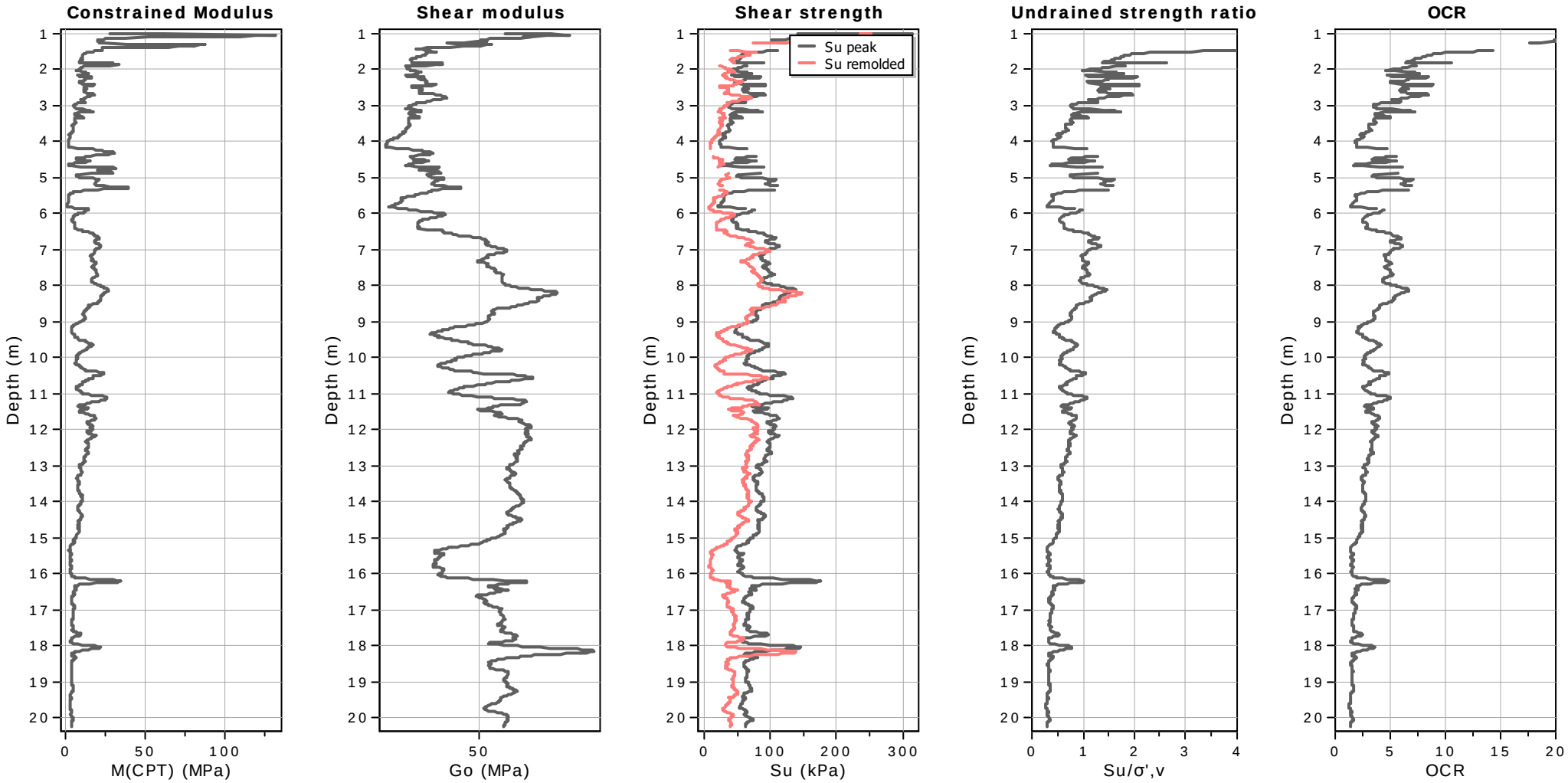
Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60}: Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)
Relative density constant, C_{Dr}: 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data

Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**



Calculation parameters

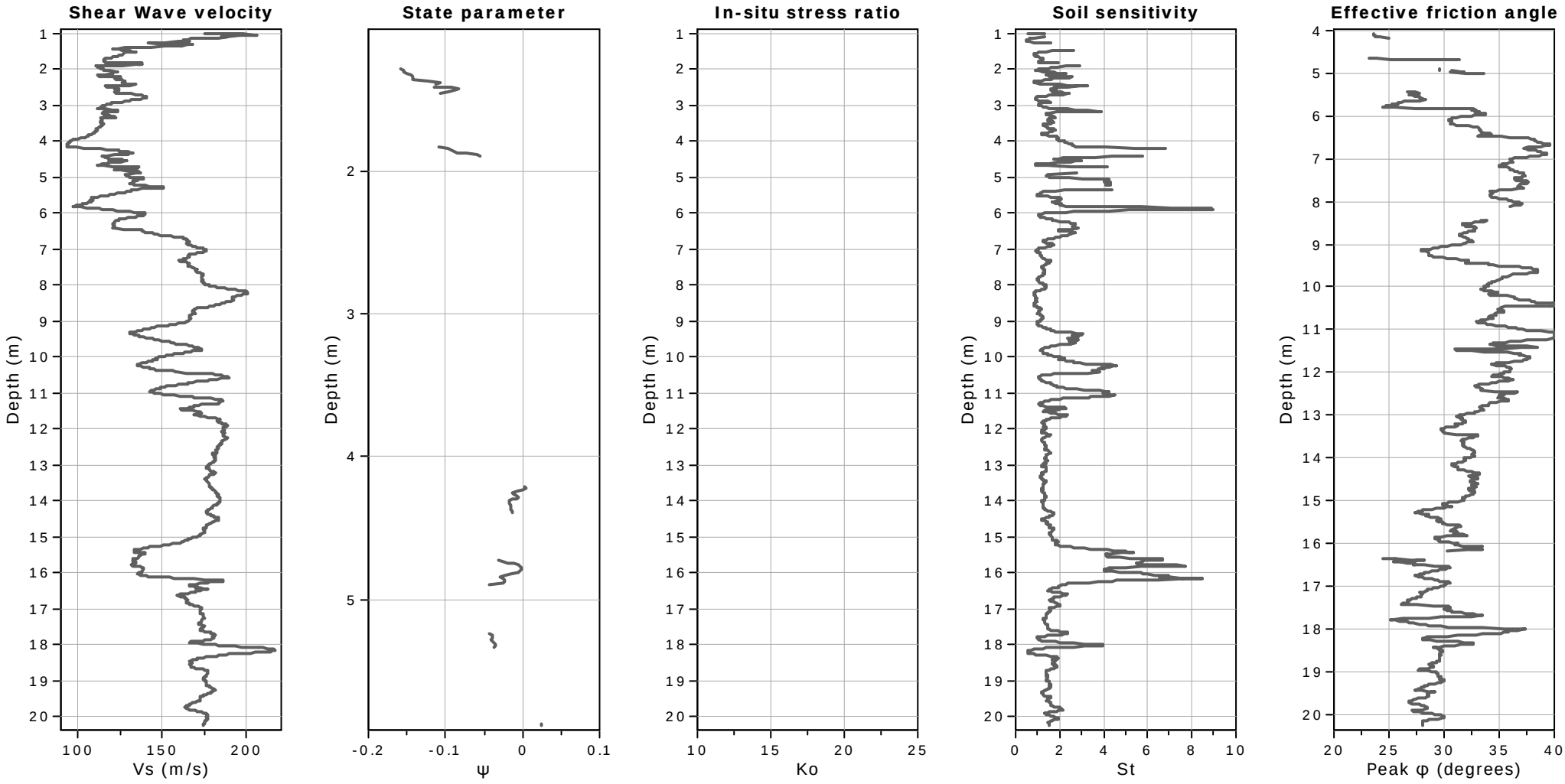
Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt}: 14

OCR factor for clays, N_{kt}: 0.33
User defined estimation data
Flat Dilatometer Test data

Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

CPT: CPTU 2
Total depth: 20.25 m, Date: 10/13/2021
Cone Type: Pagani
Cone Operator: Salvatore Mucci

Project: **ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl**
Location: **Modena, Via Attiraglio**



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_S: 7.00

User defined estimation data

Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

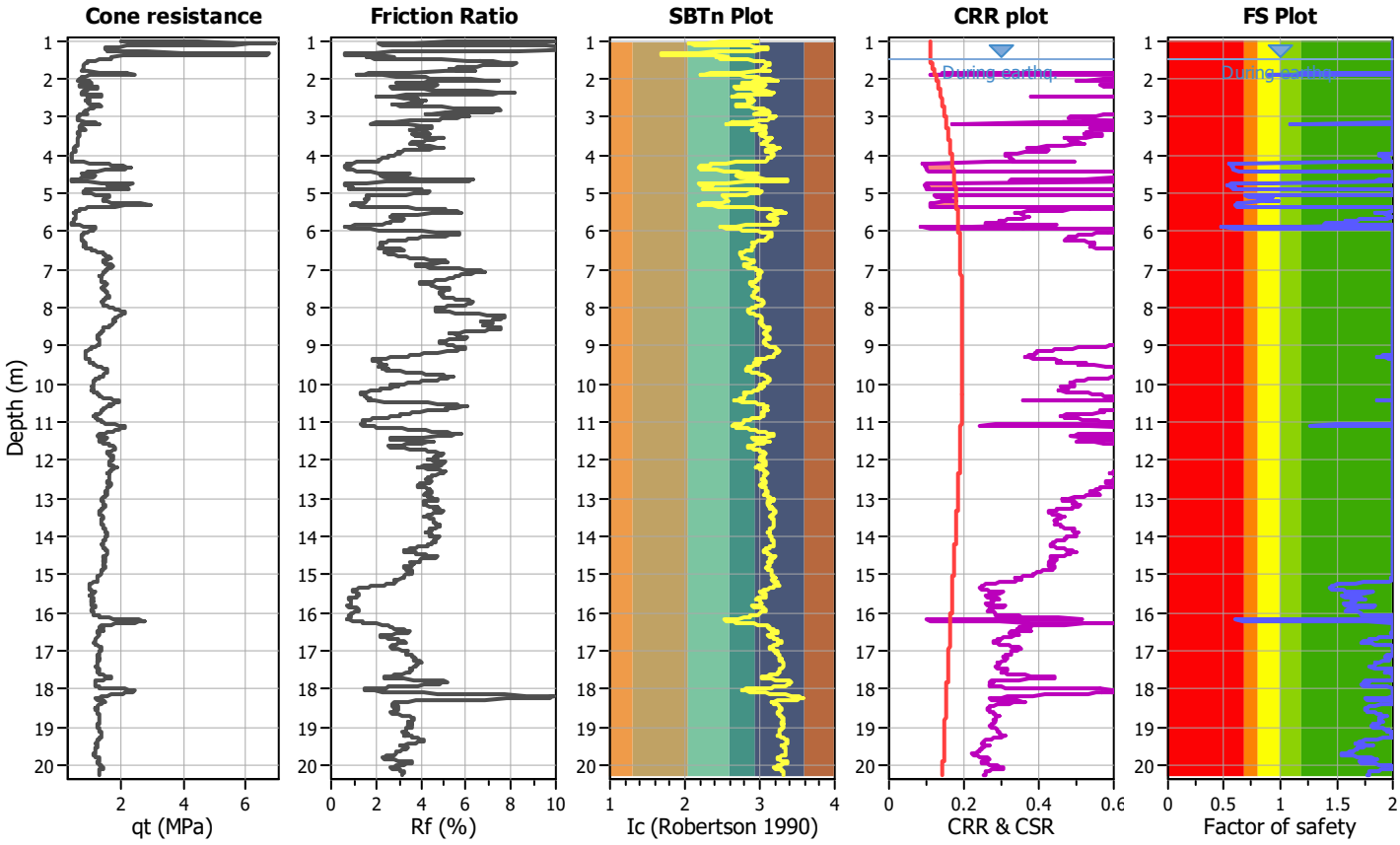
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

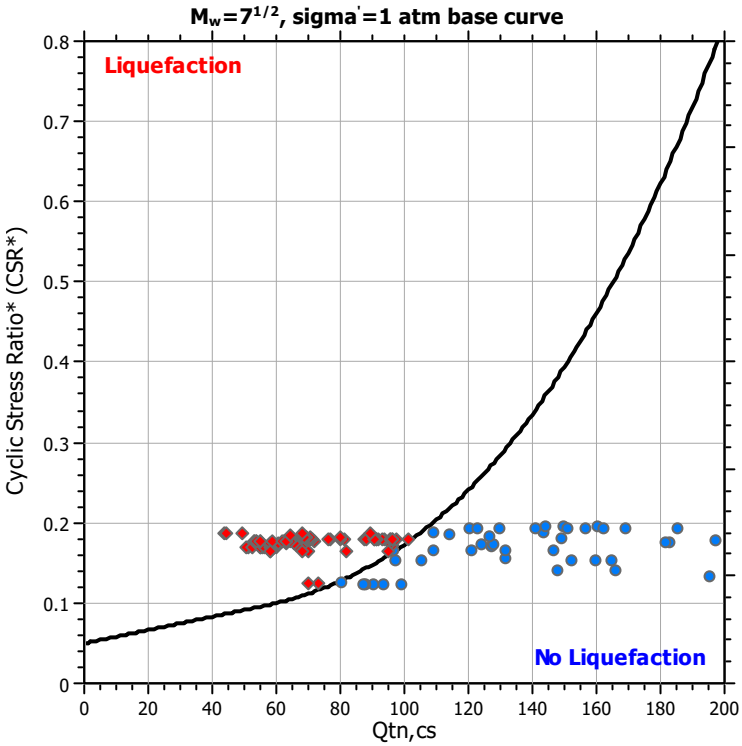
Project title : ampliamento sito produttivo Molini Industriali **Location : Modena, Via Attiraglio**

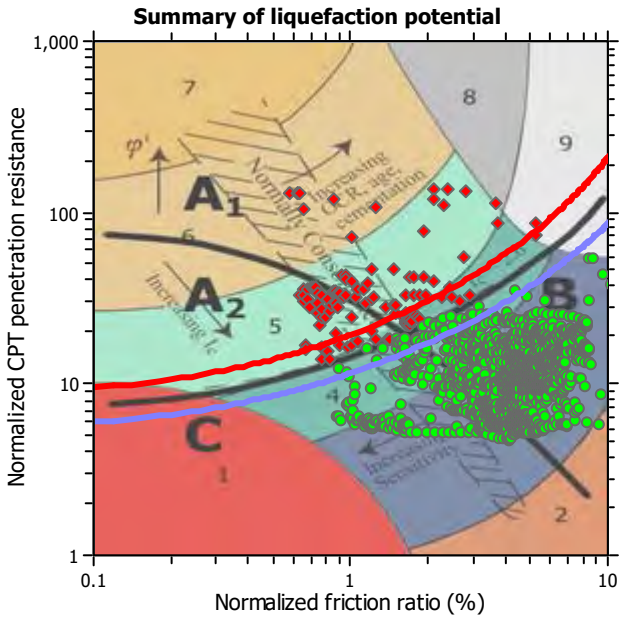
CPT file : CPTU 2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.50 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude M_w:	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	No		

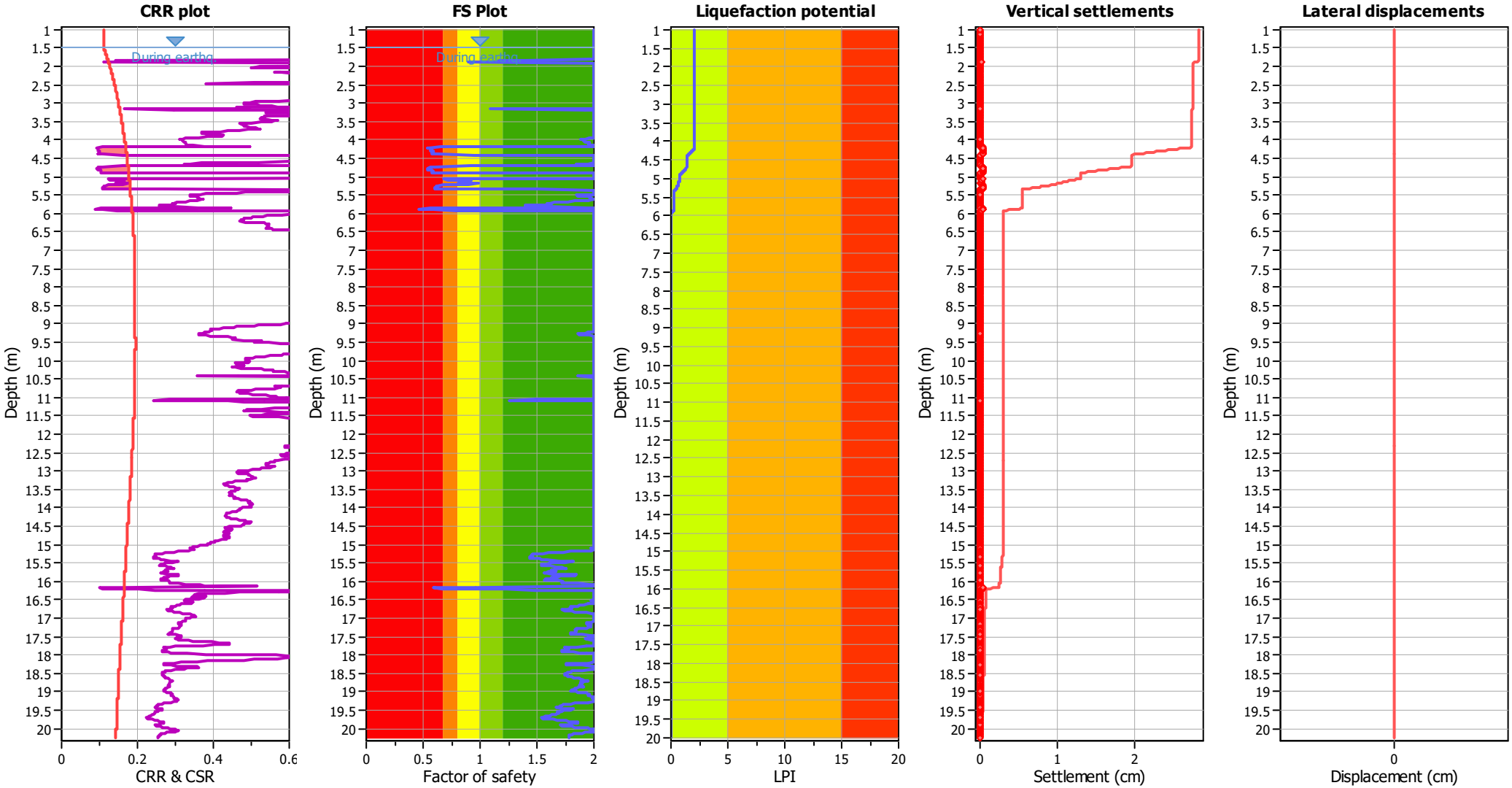






Zone A_1: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone A_2: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone C: Cyclic liquefaction and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

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_σ applied:	No
Earthquake magnitude M_w:	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

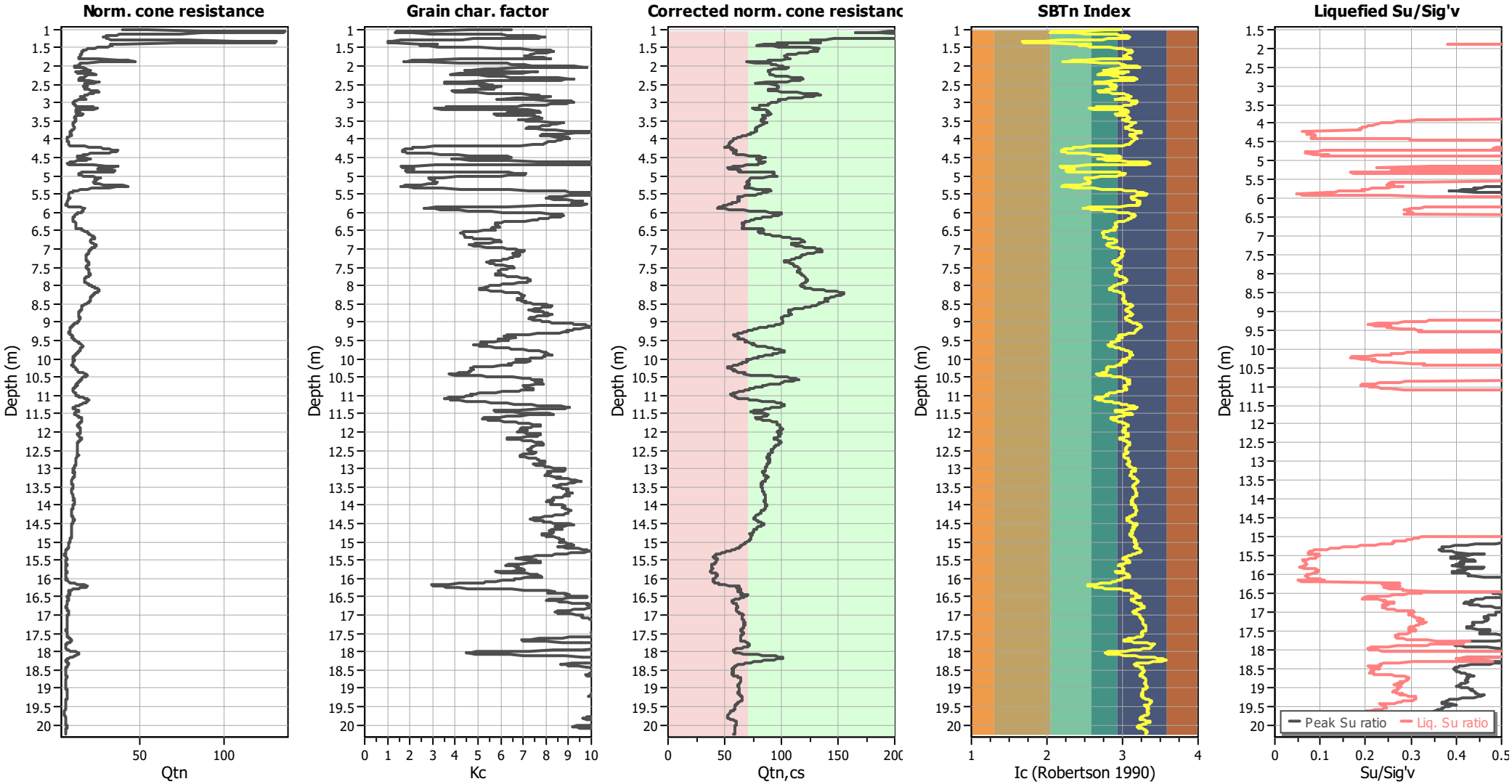
F.S. color scheme

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

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

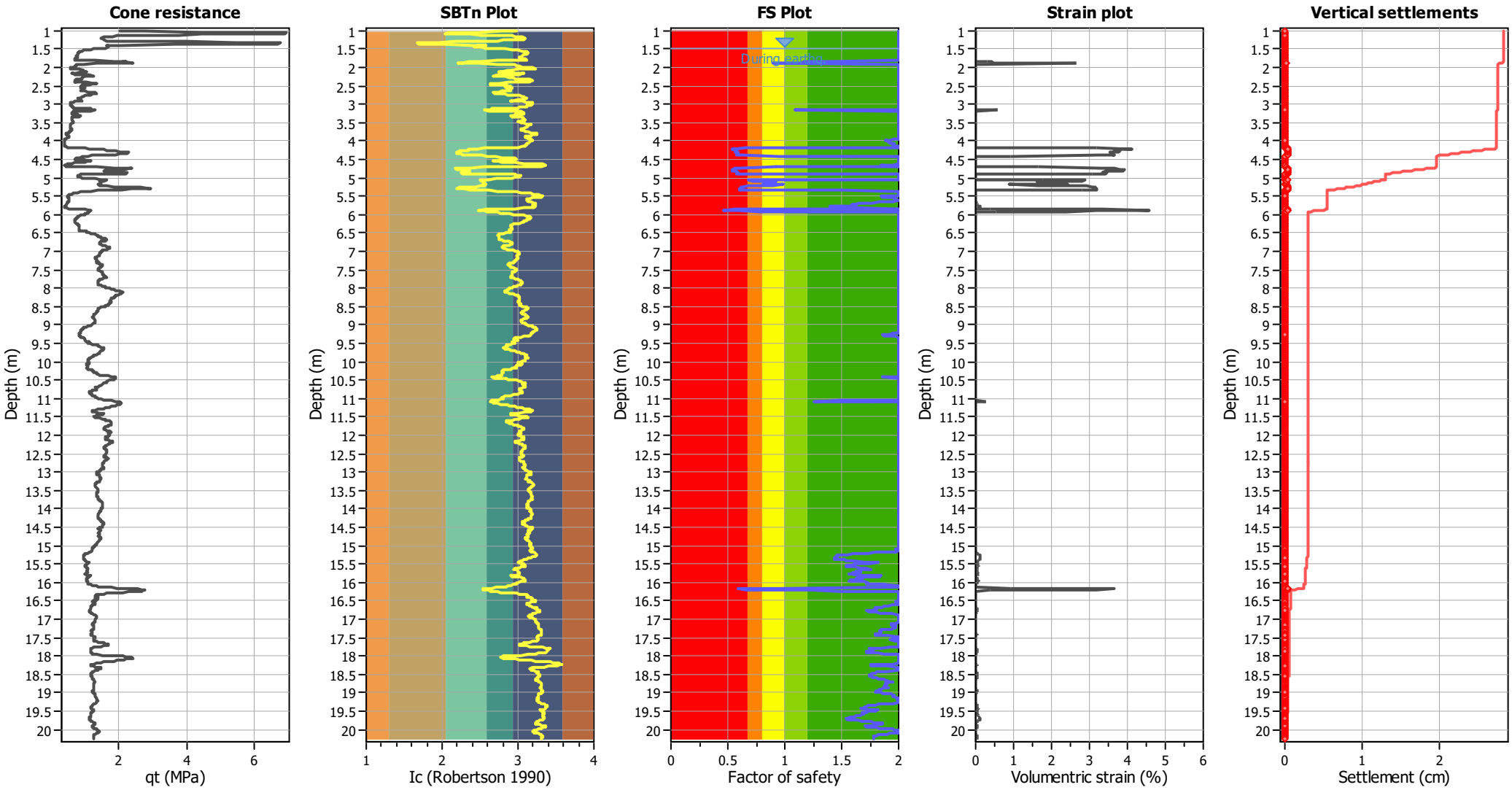
Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_σ applied:	No
Earthquake magnitude M_w:	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Estimation of post-earthquake settlements



Abbreviations

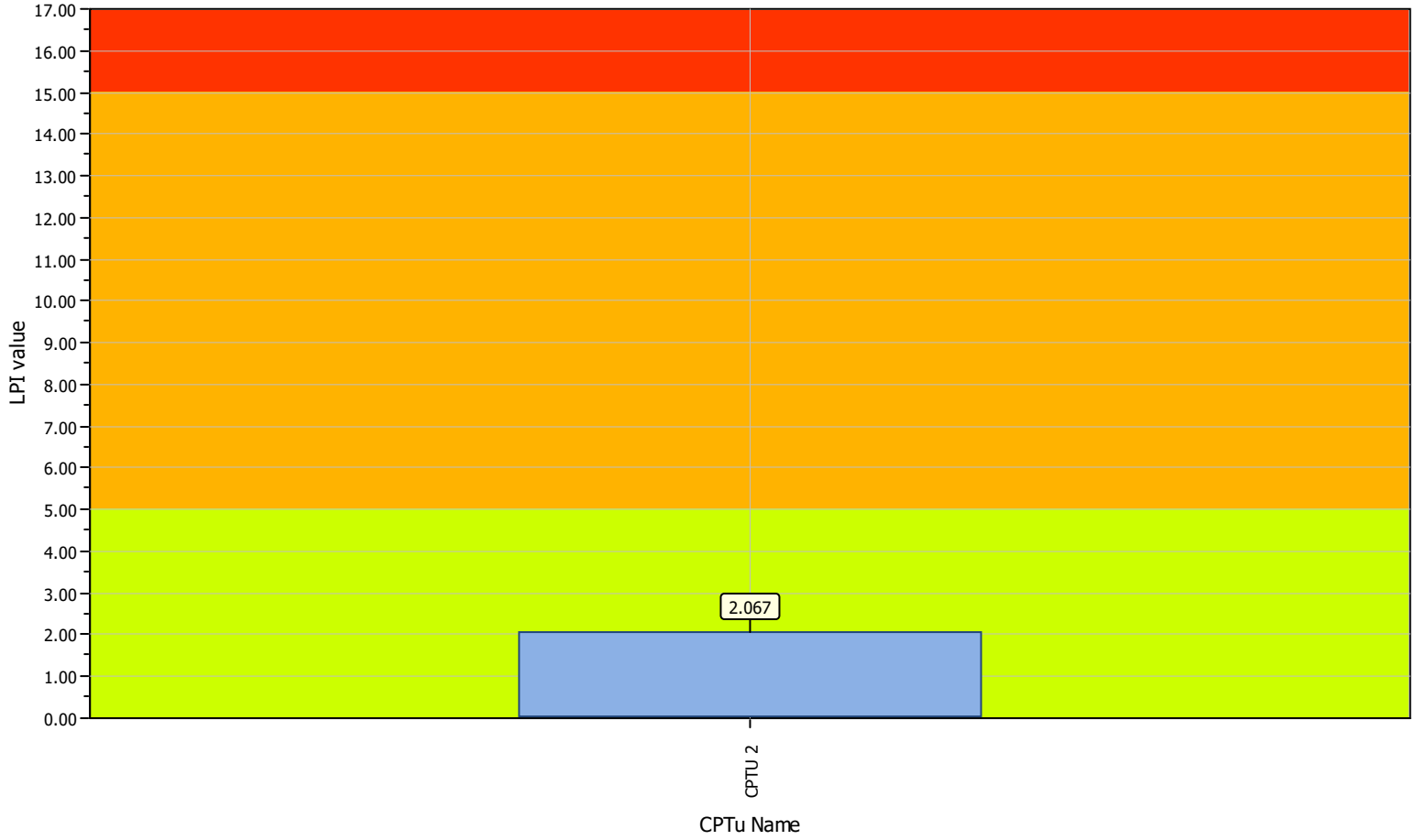
q_t:	Total cone resistance (cone resistance q_c corrected for pore water effects)
I_c:	Soil Behaviour Type Index
FS:	Calculated Factor of Safety against liquefaction
Volumentric strain:	Post-liquefaction volumentric strain

Prove Penetrometriche srl
Via per Modena n.8
41051 - Castelnuovo Rangone (MO)

Project title : ampliamento sito produttivo Molini Industriali Srl

Location : Modena, Via Attiraglio

Overall Liquefaction Potential Index report



LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Basic statistics

Total CPT number: 1

100% low risk

0% high risk

0% very high risk

PROVE PENETROMETRICHE srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA DNV

Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture n. 54953 del 29/05/2006 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito art. 59 D.P.R. 380/2001 - Circolare 7619/STC del 08/09/10

Committente: Mulini Industriali	Sondaggio: 1
Riferimento: Modena, via Attiraglio	Data: dal 26/03/13 al 29/03/13
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	metri batt.	A	R v	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	RP	VT	Standard Penetration Test m	S.P.T.	Pt	DATI TECNICI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
3) Profondità dell'acqua
4) Rivestimento
5) Simbolo litologico
6) Profondità della base dello strato (m)
7) Spessore dello strato (m)
8) Descrizione della litologia dello strato
9) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
10) Resistenza alla punta (kPa)
11) Vane test (kPa)
12) Profondità di inizio della prova S.P.T.
13) Prova S.P.T.
14) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
15) Dati tecnici

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

Il Responsabile di sito
Dott. Fabrizio Anderlini

PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA DNV

Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture n. 54953 del 29/05/2006 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito art. 59 D.P.R. 380/2001 - Circolare 7619/STC del 08/09/10

PROVE PENETROMETRICHE srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

Committente: Mulini Industriali	Sondaggio: 1
Riferimento: Modena, via Attiraglio	Data: dal 26/03/13 al 29/03/13
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - 1

ø mm	metri batt.	A	R V	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	RP	VT	Standard Penetration Test m	S.P.T.	Pt
					0,7	0,7	Ghiaia di riporto.						
	1						Rottami di laterizi, ciottoli e sabbia, con materia organica, in abbondante matrice limosa, giallastra.						
	2				2,5	1,8			147	69			
	3						Limo, limo debolmente argilloso, grigio, plastico, umido, con sostanza organica.		118	39			
	4				4,5	2,0			98	39			
									118	49			
	5						Limo, limo debolmente argilloso, grigio, consistente, umido, con sostanza organica.		147	69			
					5,7	1,2		1) She < 5,70 6,00	147	69			
	6				6,0	0,3	Campione Shelby n. 1						
					6,7	0,7	Sabbia e limo, saturi, grigio-giallastri.						
	7						Limo argilloso, grigio-giallastro, consistente, umido, con sostanza organica.		98	49	7,0	3-4-7	C
	8								69	20			
									98	39			
	9								118	59			
	10				10,4	3,7			147	69			
	11						Argilla limosa, grigia, buona consistenza, compatta, poco umida.						
					11,2	0,8		2) She < 11,20 11,70	147	79			
					11,7	0,5	Campione Shelby n. 2.		147	98	11,7	2-5-8	C
	12						Argilla limosa, grigia, buona consistenza, compatta, poco umida.		196	98			
	13								245	98			
	14								196	98	14,0	6-8-12	C
	15				15,5	3,8			196	98			
	16						Limo, limo sabbioso, grigio, umido, localmente plastico.		245	49			
	17								147	59			
					17,5	2,0		3) She < 17,50 18,00					
					18,0	0,5	Campione Shelby n. 3						
	18								49	20	18,0	3-6-11	C
					18,5	0,5	Limo, limo sabbioso, grigio, umido, localmente plastico.						
	19						Argilla limosa, grigia, a media consistenza, con grossi frammenti di torba.		98	39			
	20				20,0	1,5		4) She < 20,00 20,50	98	49			
					20,5	0,5	Campione Shelby n. 4						
	21						Argilla limosa, grigia, a media consistenza, con grossi frammenti di torba.						
	22				22,6	2,1							
	23						Sabbia più o meno limosa, grigia, consistenza da media a buona.						
					23,2	0,6		5) She < 23,20 23,70					
					23,7	0,5	Campione Shelby n. 5						
	24				24,1	0,4	Sabbia più o meno limosa, grigia, consistenza da media a buona.						
	25						Ghiaia medio-fine, con poca sabbia.				25,4	21-31-33	C
	26												
	27										26,8	15-19-18	C
	28										28,0	13-15-18	C
	29				29,2	5,1					29,3	3-4-7	C
					29,8	0,6	Argilla, grigia, compatta, umida.						
101	30				30,0	0,2	Sabbia e sabbia limosa, grigia, satura.						

DATI TECNICI

RAPPORTO DI PROVA: R03866

Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Atlas Copco Mustang A66-CB T attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.

Diametro rivestimento: 152 mm per 30.00 m totali.

Inserito tubo cieco in PVC, alla profondità di -30.00 m, diametro 3", per esecuzione indagine sismica down-hole.

Livello acqua piezometro vecchio: 1.50 m da p.c.

Responsabile di cantiere:
Dott. Fabrizio Anderlini

Aiuti-Responsabile di cantiere:
Sig. Francesco Tuosto
Sig. Abdellah Essahri

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	26/03/13	27/03/13	27/03/13	29/03/13
Ora	13.30	08.00	18.00	08.00
Livello dell'acqua (m)	2,65	2,30	0,40	0,60
Prof. perforazione(m)	7,00	9,50	27,00	27,00
Prof. rivestimento(m)	5,50	8,50	25,50	25,50

Il Responsabile di sito
Dott. Fabrizio Anderlini

PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture n. 54953 del 29/05/2006
esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni
e prove in sito art. 59 D.P.R. 380/2001 - Circolare 7619/STC del 08/09/10

Committente: Mulini Industriali	Sondaggio: 1
Riferimento: Modena, via Attiraglio	Data: dal 26/03/13 al 29/03/13

Fotografie - Pagina 1/3

Da 0.00 m a -5.00 m da p.c.

Da -5.00 m a -10.00 m da p.c.

PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Il Responsabile di sito
Dott. Fabrizio Anderlini

PROVE PENETROMETRICHE
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture n. 54953 del 29/05/2006
esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni
e prove in sito art. 59 D.P.R. 380/2001 - Circolare 7619/STC del 08/09/10

Committente: Mulini Industriali	Sondaggio: 1
Riferimento: Modena, via Attiraglio	Data: dal 26/03/13 al 29/03/13

Fotografie - Pagina 2/3

Da -10.00 m a -15.00 m da p.c.

Da -15.00 m a -20.00 m da p.c.

PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Il Responsabile di sito
Dott. Fabrizio Anderlini

PROVE PENETROMETRICHE
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA DNV

Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture n. 54953 del 29/05/2006
esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni
e prove in sito art. 59 D.P.R. 380/2001 - Circolare 7619/STC del 08/09/10

Committente: Mulini Industriali	Sondaggio: 1
Riferimento: Modena, via Attiraglio	Data: dal 26/03/13 al 29/03/13

Fotografie - Pagina 3/3

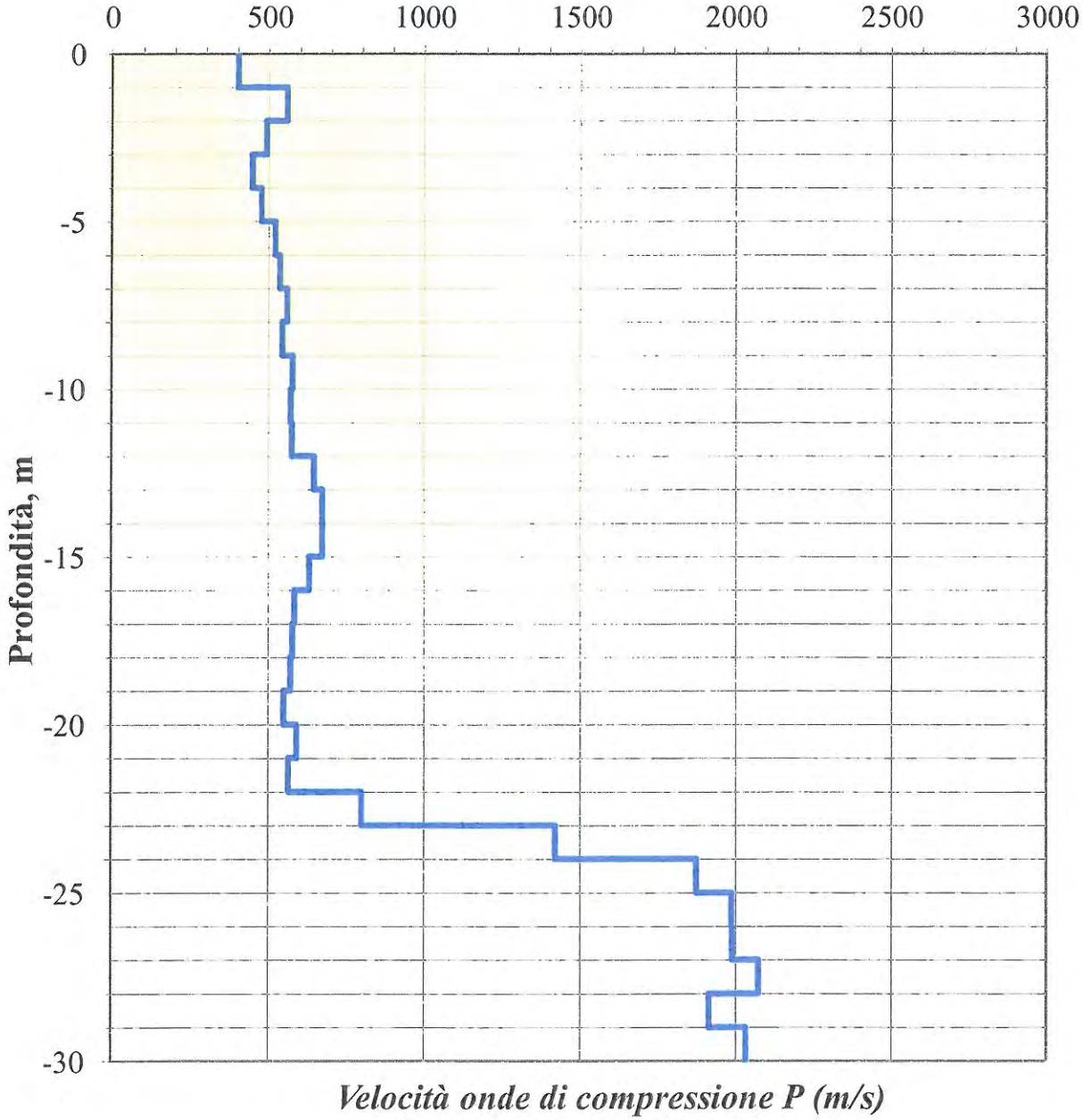
Da -20.00 m a -25.00 m da p.c.

Da -25.00 m a -30.00 m da p.c.

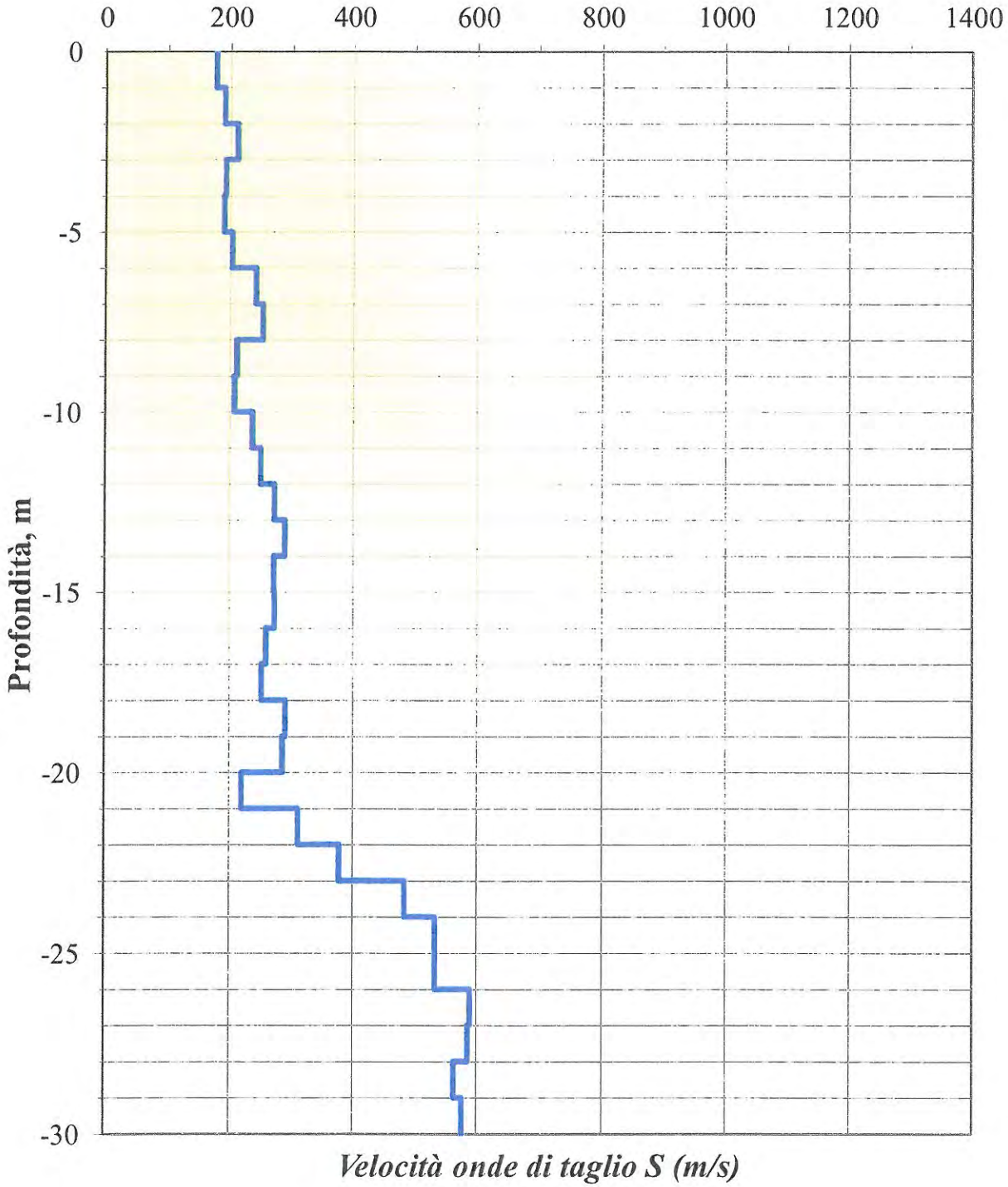
PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Il Responsabile di sito
Dott. Fabrizio Anderlini

Modena Molini Industriali
Down-hole sismico Sondaggio 1
Profilo di velocità onde P (Vp)



MODENA Molini Industriali
Down-hole sismico Sondaggio 1
Profilo di velocità onde S (Vs)



LABORATORIO GEOTECNICO

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

RAPPORTO DI PROVA N. R03909

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno**

Data inizio prova: **23/04/13** Data fine prova: **30/04/13** Data emissione RdP: **30/04/2013**

Sondaggio n. **1** Campione n. **2** Profondità di prelievo: **11.20-11.70 m**

Tipo di campione: **indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due pietre porose di drenaggio di testa e di base, due griglie perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.003 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 96/90;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: telaio per carichi diretti e da un sistema di leve;
- Serie di pesi calibrati: dischi in ghisa asolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata;
- Banco di consolidazione: telaio di carico e sistemi di leve.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:
- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 – 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

RAPPORTO DI PROVA N°: R03909 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 23/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 23/04/2013	Fine analisi:

COMMITTENTE: Mulini Industriali
RIFERIMENTO: Modena
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 11.20 - 11.70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,025	4	0,24	0,009	6	0,14	0,079	81	0,58
0,089	18	0,32	0,013	23	0,22	0,125	90	0,72
0,143	32	0,38	0,052	32	0,38	0,201	102	0,82
0,387	48	0,43	0,102	39	0,47	0,250	110	0,88
0,636	52	0,48	0,150	50	0,52	0,505	120	0,99
0,892	54	0,52	0,402	69	0,67	0,761	125	1,06
1,155	54	0,56	0,659	77	0,76	1,016	131	1,13
1,414	54	0,60	0,922	85	0,82	1,274	138	1,20
1,668	56	0,63	1,179	90	0,86	1,529	140	1,26
1,929	55	0,66	1,440	93	0,91	1,784	143	1,30
2,184	57	0,69	1,700	94	0,94	2,044	145	1,34
2,442	57	0,71	1,959	95	0,97	2,308	147	1,35
2,707	57	0,73	2,217	96	1,00	2,575	149	1,41
2,972	55	0,76	2,479	98	1,03	2,840	150	1,44
3,240	55	0,77	2,678	100	1,07	3,104	151	1,49
3,501	54	0,79	2,941	100	1,07	3,368	150	1,53
3,763	53	0,81	3,207	101	1,10	3,630	151	1,56
4,023	51	0,82	3,473	100	1,15	3,893	151	1,56
4,276	50	0,84	3,732	100	1,16	4,160	151	1,58
4,538	48	0,86	3,993	101	1,18	4,427	152	1,62
4,801	47	0,87	4,256	101	1,18	4,692	153	1,64
5,065	47	0,89	4,520	99	1,23	4,954	151	1,67
5,329	46	0,90	4,783	99	1,22	5,218	151	1,72
5,589	43	0,92	5,047	95	1,24	5,481	154	1,75
			5,308	98	1,25	5,743	153	1,75
			5,572	95	1,24	6,008	154	1,80
			5,833	94	1,26	6,276	155	1,84
			6,095	93	1,27	6,548	155	1,84
			6,361	90	1,29			
			6,627	86	1,32			

PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

COMMITTENTE: Mulini Industriali		
RIFERIMENTO: Modena		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 11.20 - 11.70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

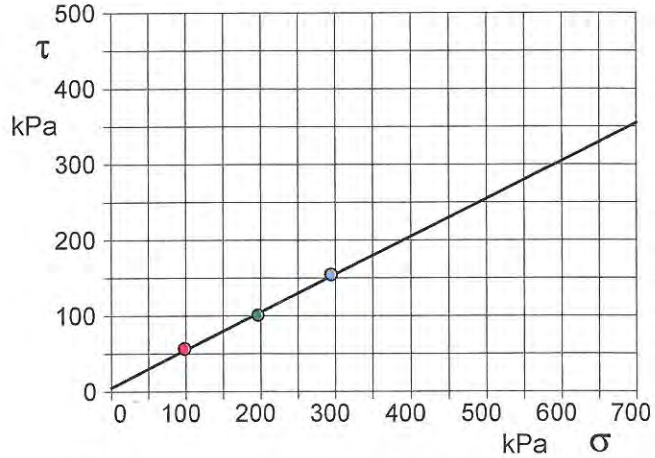
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	57	101	155
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,18	3,21	6,28
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,69	1,10	1,84
Umidità naturale (%):	26,1	---	---
Peso di volume (kN/m³):	17,3	17,6	17,5

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	5,6 kPa
Angolo di attrito interno:	26,5 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



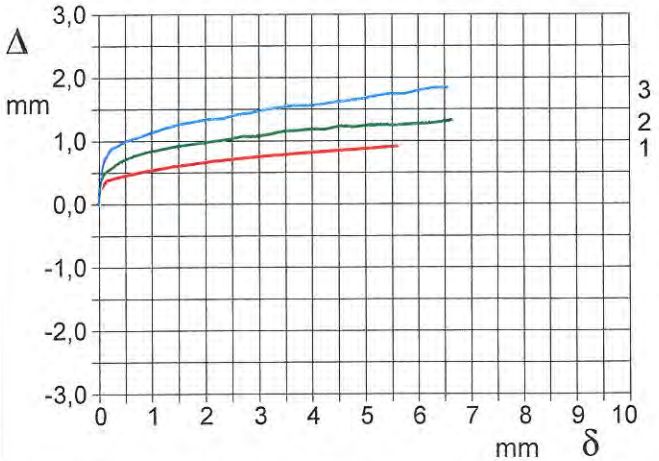


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

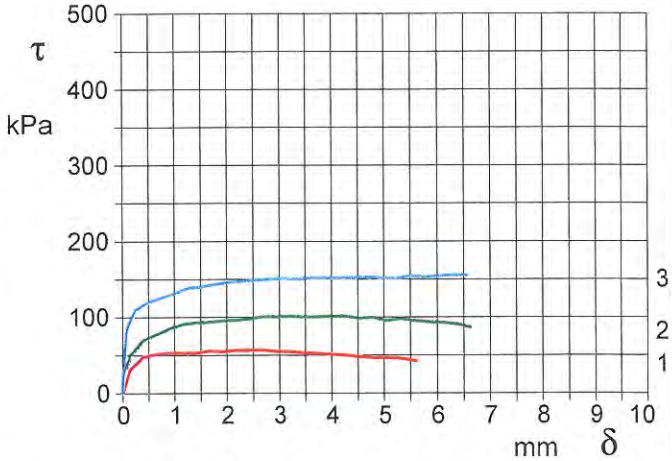


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVE PENETROMETRICHE

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

RAPPORTO DI PROVA N. R03902

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno**

Data inizio prova: **17/04/13** Data fine prova: **24/04/13** Data emissione RdP: **29/04/2013**

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **5.70-6.00 m**

Tipo di campione: **indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Scatola di taglio costituita da: piastra superiore tronco conica, due pietre porose di drenaggio di testa e di base, due griglie perforate dotate di apposite scanalature, piastra di base;
- Macchina di taglio: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.003 mm/min, modello T 665/010, n. matr. 96/90;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: telaio per carichi diretti e da un sistema di leve;
- Serie di pesi calibrati: dischi in ghisa asolati;
- Sistemi di misura: cella di carico di tipo estensimetrica tipo AEP TCE n. matr. 114186;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: un estrusore, un fustellatore verticale, una serie di anelli adattatori, una lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- Contasecondi e acqua distillata;
- Banco di consolidazione: telaio di carico e sistemi di leve.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:
- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"
- ASTM D 3080 – 03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

RAPPORTO DI PROVA N°: R03902 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:29/04/2013	Inizio analisi: 17/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 17/04/2013	Fine analisi: 24/04/2013

COMMITTENTE: Mulini Industriali

RIFERIMENTO: Modena

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.70 - 6.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,005	6	0,01	0,095	25	0,15	0,398	74	0,33
0,085	15	0,05	0,334	50	0,23	0,572	88	0,39
0,152	23	0,08	0,584	69	0,31	0,824	110	0,47
0,221	30	0,07	0,836	79	0,35	1,083	127	0,51
0,482	47	0,15	1,092	84	0,39	1,339	135	0,54
0,746	51	0,20	1,278	87	0,41	1,593	139	0,58
1,010	55	0,23	1,530	92	0,43	1,850	143	0,56
1,271	54	0,23	1,787	94	0,45	2,110	145	0,63
1,529	50	0,26	2,049	95	0,47	2,377	147	0,70
1,787	50	0,30	2,313	98	0,49	2,637	151	0,76
2,053	51	0,33	2,578	99	0,50	2,895	151	0,80
2,318	51	0,34	2,840	99	0,51	3,156	151	0,83
2,587	49	0,35	3,106	98	0,52	3,415	151	0,85
2,856	49	0,37	3,369	97	0,53	3,676	150	0,87
3,123	47	0,37	3,630	97	0,54	3,944	151	0,88
3,388	45	0,40	3,894	99	0,54	4,212	147	0,89
			4,162	100	0,55	4,481	148	0,90
			4,431	98	0,56	4,747	150	0,91
			4,696	95	0,56	5,015	151	0,93
						5,279	151	0,94
						5,540	151	0,94

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Mulini Industriali		
RIFERIMENTO: Modena		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 5.70 - 6.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

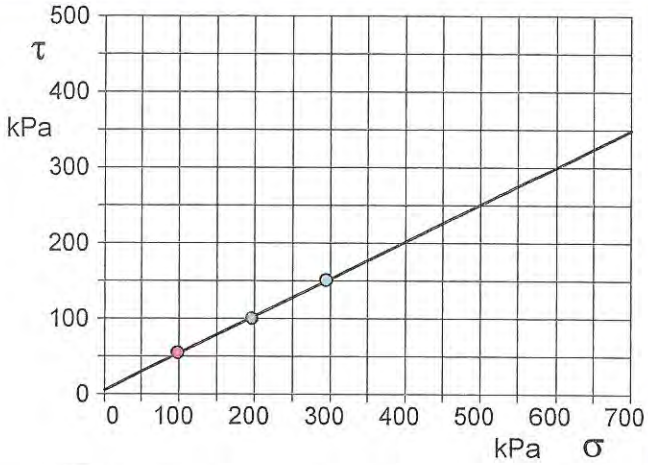
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	55	100	151
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,01	4,16	2,64
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,23	0,55	0,76
Umidità naturale (%):	---	---	---
Peso di volume (kN/m³):	17,3	17,6	17,5

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	5,6 kPa
Angolo di attrito interno:	26,1 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



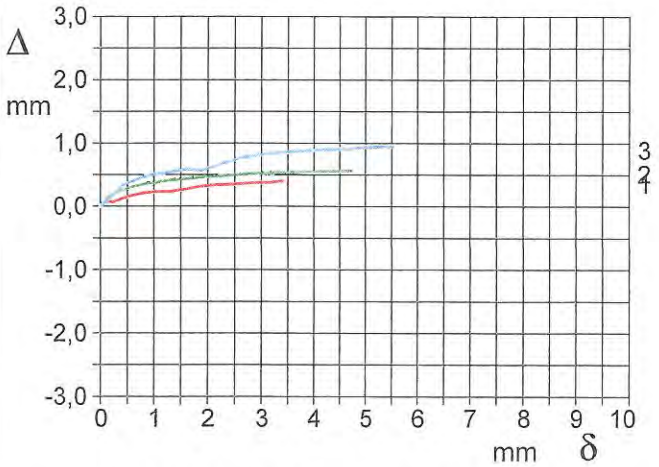


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

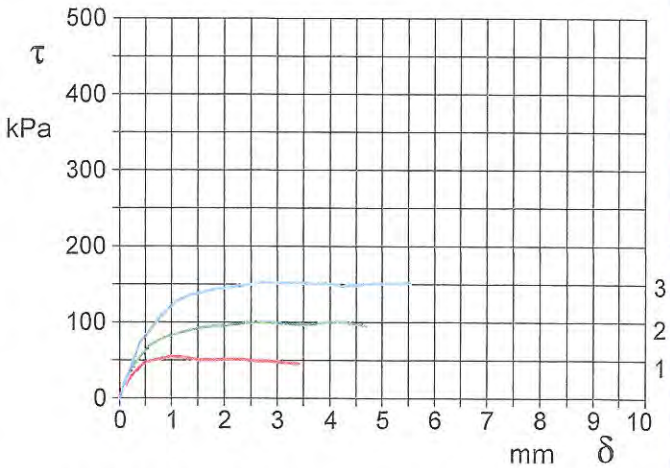


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA TRIASSIALE U.U.

RAPPORTO DI PROVA N. R03889

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: **18/04/13** Data fine prova: **19/04/13**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/2013**

Sondaggio n. **1** Campione n. **3** Profondità di prelievo: **17.50-18.00 m**

Tipo di campione: **shelby**

Attrezzatura utilizzata

- ***N. 3 Celle triassiali Tecnotest TR206*** costituite da materiale trasparente Perspex con cerchiature inox;
- ***Sorgente di pressione costante Tecnotest TR305*** con sistema aria/acqua con membrana d'interfaccia in grado di fornire una pressione costante regolabile da 0 a 1000 kPa (10 bar). L'apparecchiatura è costituita da un generatore di pressione mod Fiac Totem CCS 248 M (10 bar, 2 Hp, 90 l), da sei moduli-sorgente Tecnotest TR305 collegati tra loro e da un'unità manometrica Tecnotest mod. 305/020 attrezzata con 6 ingressi con valvole a dislocamento nullo e dotata di manometro AEP mod. Bit02B-PGE (s/n 704370) da 10 bar, risoluzione 0,01 bar. Ogni modulo-sorgente comprende il vaso con membrana d'interfaccia, la valvola di regolazione ed il circuito idro-pneumatico completo di rubinetti a dislocamento nullo, sfiati, condotti e raccordi. Il sistema è dotato di un moltiplicatore di pressione Tecnotest TR 305/M (s/n 13/01.01/11) che raddoppia la pressione idraulica in uscita dai moduli-sorgente per l'esecuzione di prove triassiali con pressione di confinamento pari a 20 bar;
- ***Macchine a compressione/trazione Tecnotest mod. TR115*** (Pressa A s/n 10/115/02, Pressa B s/n 11044/07, Pressa C s/n 10/115/02) aventi le seguenti caratteristiche:
  - Massima capacità in compressione: 50 kN;
  - Velocità costante di prova selezionabile tra 0,00001 e 12 mm/min;
  - Corsa utile del martinetto: 100 mm;
  - Luce verticale massima: 910 mm;
  - Luce orizzontale: 440 mm;
- ***Strumenti di misura del carico assiale e degli abbassamenti del provino*** costituiti da:
  - Celle di carico AEP mod. TCE (Pressa A s/n 904832, Pressa B s/n 904833, Pressa C s/n 717883) da 5 kN montate tra la pressa ed il pistone della cella di carico;
  - Comparatori millesimali Mitutoyo mod. ID-C125XB (Pressa A s/n 10120260, Pressa B s/n 10120290, Pressa C s/n 10120289) da 25 mm, sensibilità 0,001 mm (altezza provino standard 38.1 mm);
- ***Membrane impermeabili*** in lattice naturale per provini da 38.1;
- ***Carta da filtro Whatman.***

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA TRIASSIALE U.U.

RAPPORTO DI PROVA N. R03889

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: **18/04/13** Data fine prova: **19/04/13**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/2013**

Sondaggio n. **1** Campione n. **3** Profondità di prelievo: **17.50-18.00 m**

Tipo di campione: **shelby**

Fotografie dei provini al termine della fase di rottura

Provino 1

Provino 2

Provino 3

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

RAPPORTO DI PROVA N°: R03889	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 22/04/2013	Inizio analisi: 18/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 15/04/13	Fine analisi: 19/04/2013

COMMITTENTE: Mulini Industriali

RIFERIMENTO: Modena

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 17.50 - 18.00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	Δυ kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	Δυ kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	Δυ kPa
0,09	0,12	5,7		0,10	0,13	11,7		0,06	0,08	9,4	
0,28	0,37	11,4		0,29	0,38	17,4		0,28	0,37	25,4	
0,45	0,60	16,4		0,52	0,68	24,3		0,48	0,63	32,1	
0,68	0,90	22,4		0,70	0,92	30,4		0,70	0,91	38,5	
0,89	1,18	27,6		0,91	1,20	33,8		0,88	1,16	42,5	
1,06	1,39	29,4		1,10	1,45	37,7		1,07	1,40	46,2	
1,27	1,66	33,7		1,32	1,73	41,9		1,29	1,69	51,8	
1,47	1,94	37,3		1,48	1,94	43,9		1,50	1,98	55,5	
1,69	2,22	39,3		1,70	2,24	46,0		1,70	2,24	58,5	
1,87	2,46	41,7		1,88	2,47	47,4		1,89	2,48	60,2	
2,07	2,72	44,5		2,10	2,76	48,2		2,10	2,76	62,2	
2,28	3,00	47,2		2,30	3,03	49,8		2,29	3,01	62,9	
2,49	3,28	48,2		2,47	3,25	52,0		2,48	3,27	62,9	
2,68	3,53	49,2		2,70	3,55	53,6		2,70	3,55	63,2	
2,89	3,80	49,9		2,91	3,82	54,8		2,90	3,81	64,2	
3,08	4,05	50,8		3,08	4,06	55,9		3,07	4,04	65,6	
3,26	4,29	51,8		3,28	4,31	56,7		3,30	4,34	66,2	
3,48	4,58	51,4		3,49	4,59	57,9		3,49	4,59	66,9	
3,69	4,85	52,3		3,66	4,81	58,7		3,66	4,82	67,9	
3,87	5,09	53,1		3,90	5,13	59,1		3,90	5,13	68,9	
4,08	5,36	53,8		4,10	5,40	59,7		4,09	5,38	69,6	
4,25	5,59	54,7		4,30	5,66	60,4		4,28	5,64	70,2	
4,46	5,87	55,4		4,50	5,92	61,1		4,49	5,91	70,6	
4,68	6,15	55,9		4,66	6,13	61,9		4,68	6,16	70,6	
4,87	6,40	56,6		4,89	6,43	62,5		4,89	6,43	70,2	
5,07	6,68	57,0		5,09	6,70	62,2		5,09	6,70	71,6	
5,29	6,96	57,3		5,27	6,93	62,9		5,30	6,97	71,6	
5,49	7,23	56,5		5,50	7,23	63,5		5,49	7,22	72,6	
5,68	7,47	56,3		5,69	7,49	64,1		5,70	7,50	72,6	
5,87	7,72	56,2		5,88	7,74	64,7		5,88	7,74	73,9	
6,09	8,01	56,9		6,10	8,03	64,5		6,07	7,99	73,6	
6,29	8,27	56,5		6,30	8,29	64,4		6,29	8,28	73,9	
6,48	8,52	56,5		6,48	8,53	64,2		6,49	8,54	73,9	
6,69	8,81	56,2		6,70	8,81	64,0		6,68	8,79	74,2	
6,87	9,04	56,5		6,90	9,08	63,8		6,90	9,07	74,2	
7,07	9,31	56,5		7,10	9,35	64,4		7,09	9,33	74,6	
7,29	9,60	56,9		7,30	9,60	64,2		7,30	9,60	73,9	
7,51	9,88	57,4		7,48	9,84	64,1		7,50	9,87	74,6	
7,68	10,11	57,7		7,70	10,13	64,6		7,67	10,09	74,6	
7,89	10,38	57,9		7,88	10,37	64,5		7,87	10,36	74,6	
8,09	10,65	58,0		8,08	10,63	65,1		8,07	10,61	73,6	
8,32	10,94	57,9		8,30	10,91	64,9		8,30	10,93	74,2	
8,50	11,18	57,9		8,49	11,17	64,7		8,50	11,18	74,6	
8,71	11,46	58,4		8,68	11,41	65,3		8,69	11,44	74,9	
8,90	11,71	58,5		8,89	11,69	65,1		8,88	11,68	73,6	
9,10	11,98	59,0		9,08	11,95	64,1		9,08	11,94	73,9	
9,33	12,28	59,0		9,29	12,23	63,9					
				9,47	12,46	63,7					
				9,70	12,77	62,7					

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Mulini Industriali		
RIFERIMENTO: Modena		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 17.50 - 18.00

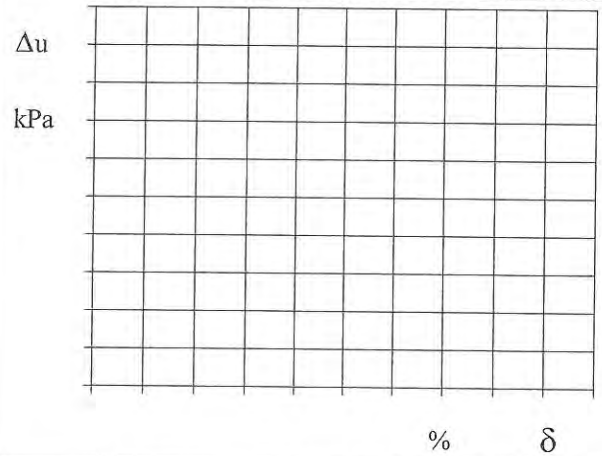
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

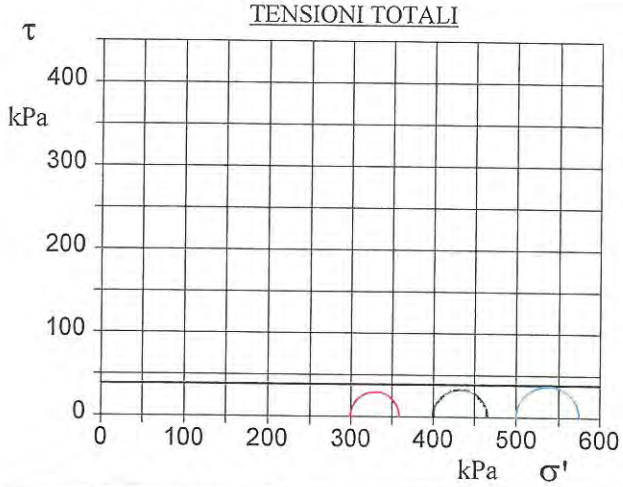
Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H_o cm	ϕ cm	γ kN/m³	γ_s	w %	S_o %	σ_3 kPa	u_o kPa	σ'_3 kPa	δ_f %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	18,1	0,00	33,6	100,0	300	0	300	12,0	59	329	29
2	7,60	3,81	17,7	0,00	34,3	100,0	400	0	400	11,4	65	433	33
3	7,60	3,81	17,7	0,00	37,3	0,0	500	0	500	11,4	75	537	37

H_o ϕ - Altezza e diametro dei provini
w - Umidità dei provini
γ γ_s - Peso di volume e peso specifico
S - Grado di saturazione
σ_3 - Pressione di cella
u_o - Back pressure
δ_f - Deformazione a rottura
σ_1 σ_3 - Tensioni totali

Diagramma Pressione interstiziale - Deformazione



TENSIONI TOTALI

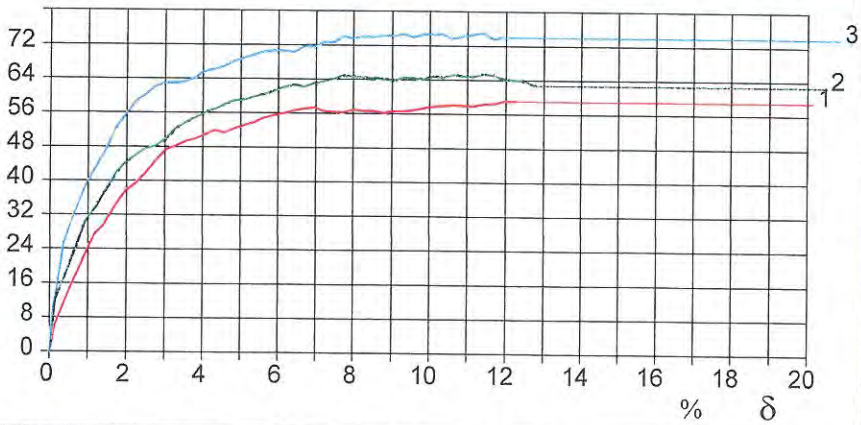


Velocità di deformazione: 1,000 mm/min

cu = 39 kPa

Diagramma

Tensione totale - Deformazione



PROVE PENETROMETRICHE

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

PROVA TRIASSIALE U.U.

RAPPORTO DI PROVA N. R03890

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: **19/04/13** Data fine prova: **20/04/13**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/2013**

Sondaggio n. **1** Campione n. **4** Profondità di prelievo: **20.00 – 20.50 m**

Tipo di campione: **shelby**

Attrezzatura utilizzata

- ***N. 3 Celle triassiali Tecnotest TR206*** costituite da materiale trasparente Perspex con cerchiature inox;
- ***Sorgente di pressione costante Tecnotest TR305*** con sistema aria/acqua con membrana d'interfaccia in grado di fornire una pressione costante regolabile da 0 a 1000 kPa (10 bar). L'apparecchiatura è costituita da un generatore di pressione mod Fiac Totem CCS 248 M (10 bar, 2 Hp, 90 l), da sei moduli-sorgente Tecnotest TR305 collegati tra loro e da un'unità manometrica Tecnotest mod. 305/020 attrezzata con 6 ingressi con valvole a dislocamento nullo e dotata di manometro AEP mod. Bit02B-PGE (s/n 704370) da 10 bar, risoluzione 0,01 bar. Ogni modulo-sorgente comprende il vaso con membrana d'interfaccia, la valvola di regolazione ed il circuito idro-pneumatico completo di rubinetti a dislocamento nullo, sfiati, condotti e raccordi. Il sistema è dotato di un moltiplicatore di pressione Tecnotest TR 305/M (s/n 13/01.01/11) che raddoppia la pressione idraulica in uscita dai moduli-sorgente per l'esecuzione di prove triassiali con pressione di confinamento pari a 20 bar;
- ***Macchine a compressione/trazione Tecnotest mod. TR115*** (Pressa A s/n 10/115/02, Pressa B s/n 11044/07, Pressa C s/n 10/115/02) aventi le seguenti caratteristiche:
  - Massima capacità in compressione: 50 kN;
  - Velocità costante di prova selezionabile tra 0,00001 e 12 mm/min;
  - Corsa utile del martinetto: 100 mm;
  - Luce verticale massima: 910 mm;
  - Luce orizzontale: 440 mm;
- ***Strumenti di misura del carico assiale e degli abbassamenti del provino*** costituiti da:
  - Celle di carico AEP mod. TCE (Pressa A s/n 904832, Pressa B s/n 904833, Pressa C s/n 717883) da 5 kN montate tra la pressa ed il pistone della cella di carico;
  - Comparatori millesimali Mitutoyo mod. ID-C125XB (Pressa A s/n 10120260, Pressa B s/n 10120290, Pressa C s/n 10120289) da 25 mm, sensibilità 0,001 mm (altezza provino standard 38.1 mm);
- ***Membrane impermeabili*** in lattice naturale per provini da 38.1;
- ***Carta da filtro Whatman.***

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA TRIASSIALE U.U.

RAPPORTO DI PROVA N. R03890

Committente: **Mulini Industriali**

Località: **Modena**

Cantiere: **studio terreno di fondazione**

Data inizio prova: **19/04/13** Data fine prova: **20/04/13**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/2013**

Sondaggio n. **1** Campione n. **4** Profondità di prelievo: **20.00 – 20.50 m**

Tipo di campione: **shelby**

Fotografie dei provini al termine della fase di rottura

Provino 1

Provino 2

Provino 3

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

RAPPORTO DI PROVA N°: R03890 Pagina 3/3		DATA DI EMISSIONE:22/04/2013	Inizio analisi: 19/04/2013
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 15/04/13	Fine analisi: 20/04/2013

COMMITTENTE: Mulini Industriali

RIFERIMENTO: Modena

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 4 PROFONDITA': m 20.00 - 20.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	Δυ kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	Δυ kPa	δ mm	δ %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	Δυ kPa
0,09	0,12	14,0		0,09	0,11	24,4		0,11	0,14	31,1	
0,30	0,40	29,7		0,30	0,39	43,0		0,29	0,39	53,8	
0,50	0,66	37,5		0,49	0,65	55,2		0,50	0,66	65,6	
0,67	0,89	43,5		0,69	0,91	62,0		0,69	0,91	76,6	
0,89	1,18	50,3		0,90	1,18	66,9		0,91	1,19	81,9	
1,09	1,44	55,3		1,09	1,43	71,1		1,09	1,43	86,0	
1,32	1,73	60,3		1,30	1,71	74,9		1,28	1,68	89,6	
1,51	1,98	63,6		1,50	1,98	77,6		1,48	1,95	93,3	
1,71	2,25	66,9		1,69	2,22	80,6		1,70	2,24	96,3	
1,90	2,49	69,3		1,87	2,46	83,1		1,90	2,50	99,3	
2,09	2,76	71,6		2,08	2,74	84,9		2,09	2,75	102,0	
2,31	3,04	74,8		2,30	3,02	87,3		2,27	2,99	105,0	
2,48	3,27	77,2		2,47	3,25	89,1		2,47	3,25	106,4	
2,71	3,57	80,4		2,68	3,52	90,3		2,69	3,54	108,7	
2,91	3,83	81,8		2,89	3,80	91,8		2,86	3,76	109,4	
3,11	4,10	84,1		3,08	4,05	93,1		3,09	4,06	109,7	
3,28	4,32	85,6		3,29	4,33	94,0		3,31	4,35	110,7	
3,51	4,62	87,0		3,46	4,56	94,6		3,51	4,62	111,4	
3,72	4,89	88,4		3,68	4,84	95,8		3,70	4,86	112,0	
3,91	5,14	89,0		3,87	5,09	96,5		3,90	5,13	112,0	
4,10	5,40	89,6		4,09	5,38	97,3		4,11	5,40	112,7	
4,35	5,72	91,0		4,28	5,63	98,2		4,30	5,65	113,4	
4,54	5,97	91,5		4,49	5,91	98,3		4,50	5,92	113,7	
4,75	6,25	92,1		4,70	6,18	99,0		4,70	6,18	113,4	
4,92	6,48	92,7		4,92	6,47	99,7		4,88	6,42	114,4	
5,16	6,79	92,4		5,11	6,73	99,8		5,08	6,69	115,1	
5,32	7,00	93,0		5,29	6,97	100,7		5,28	6,95	115,1	
5,56	7,32	92,7		5,52	7,26	101,0		5,50	7,23	115,1	
5,73	7,54	93,3		5,72	7,53	102,0		5,70	7,50	115,1	
5,95	7,82	93,0		5,93	7,80	102,3		5,90	7,76	115,7	
6,14	8,08	93,5		6,14	8,08	103,0		6,09	8,01	116,4	
6,35	8,36	93,2		6,33	8,33	103,0		6,26	8,23	116,7	
6,55	8,61	93,8		6,51	8,57	104,3		6,50	8,55	117,1	
6,77	8,90	93,5		6,71	8,83	105,4		6,69	8,81	116,4	
6,98	9,18	94,0		6,94	9,13	106,0		6,89	9,07	115,4	
7,16	9,42	93,7		7,13	9,38	106,7		7,07	9,30	115,1	
7,37	9,69	93,5		7,32	9,63	107,0		7,26	9,56	114,7	
7,58	9,97	93,2		7,54	9,92	107,7		7,47	9,83	115,1	
7,76	10,21	92,9		7,73	10,17	108,7		7,67	10,10	113,7	
7,98	10,50	92,6		7,94	10,44	109,4		7,87	10,35	114,0	
8,15	10,73	93,2		8,12	10,68	109,4		8,08	10,63	114,7	
8,37	11,01	92,9		8,33	10,95	109,7		8,27	10,88	115,4	
8,57	11,27	92,6		8,52	11,21	109,4		8,48	11,15	116,1	
8,75	11,51	93,1		8,67	11,41	109,4		8,68	11,42	115,4	
8,98	11,81	92,1		8,90	11,71	109,4		8,87	11,67	115,1	
9,15	12,03	91,8		9,13	12,02	109,4		9,07	11,93	115,4	
9,36	12,31	90,8		9,34	12,28	109,4		9,26	12,18	116,1	
9,55	12,57	90,5						9,48	12,47	116,1	
9,77	12,86	89,4						9,66	12,71	115,1	
9,98	13,13	87,6						9,88	12,99	113,4	
10,17	13,38	85,8									

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Mulini Industriali		
RIFERIMENTO: Modena		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m 20.00 - 20.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.

Modalità di prova: Norma ASTM D2850-03

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione			Valori finali o a rottura			
n°	H_o cm	ϕ cm	γ kN/m³	γ_s	w %	S_o %	σ_3 kPa	u_o kPa	σ'_3 kPa	δ_f %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7,60	3,81	17,2	0,00	43,5	100,0	450	0	450	9,2	94	497	47
2	7,60	3,81	17,1	0,00	46,1	100,0	550	0	550	11,0	110	605	55
3	7,60	3,81	17,4	0,00	41,9	0,0	650	0	650	8,5	117	709	59

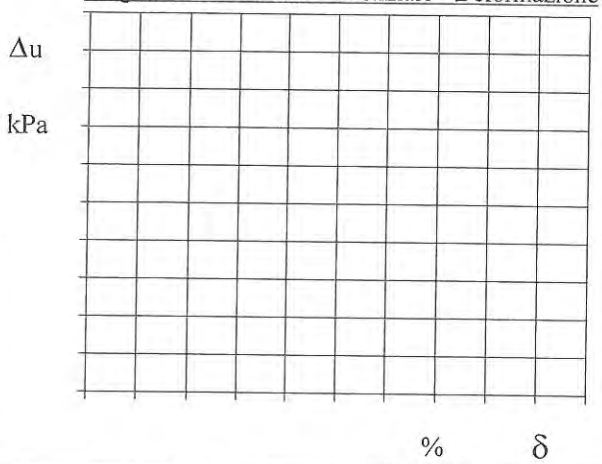
H_o ϕ - Altezza e diametro dei provini
w - Umidità dei provini

γ γ_s - Peso di volume e peso specifico
S - Grado di saturazione

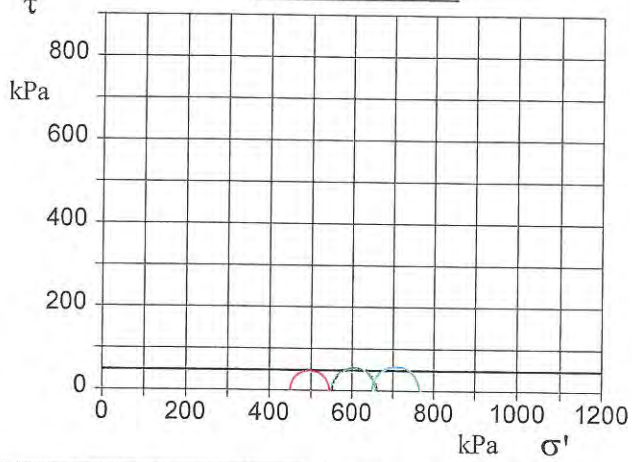
σ_3 - Pressione di cella
u_o - Back pressure

δ_f - Deformazione a rottura
σ_1 σ_3 - Tensioni totali

Diagramma Pressione interstiziale - Deformazione

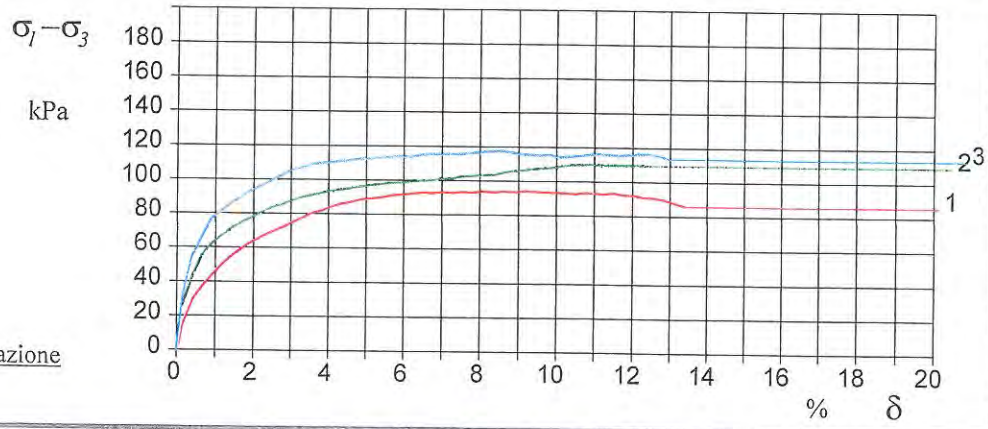


TENSIONI TOTALI



Velocità di deformazione: 1,000 mm/min

cu = 48 kPa



Diagramma

Tensione totale - Deformazione

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: info@provepenetrometriche.com
www.provepenetrometriche.com

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1

RAPPORTO DI PROVA N. P02547

Committente: **Molini Industriali srl**

Località: **Modena, via Attiraglio**

Cantiere: **nuovo deposito farine**

Data prova: **06/12/21** Data emissione rapporto: **07/12/21**

Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica cingolata Atlas Copco Mustang A 66 - CB T (anno di fabbrica: 1995 - matr. n. OR 95/3480/653) montata su sottocarro cingolato MT 10 semovente, con pattini in acciaio e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di due motori: un motore diesel a 4 tempi Lombardini LDW 2004 avente cilindrata 2068 cm^3, potenza 35 kW, RPM 3.000 giri/min; un motore KHD Deutz F 3- 6 L 912/W, cilindrata 2.826 cm^3. L'antenna è caratterizzata da un tiro e da una spinta di 80 kN, corsa 3.700 mm, mentre la testa idraulica di rotazione S 1.300, avente n. 8 velocità, presenta una coppia massima di 13.233 Nm e una velocità massima di 614 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MN 120-2 ed una pompa acqua Imovilli P123.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro φ 101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro Ø 127 mm per 28.20 m totali in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite n. 2 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) alle profondità di 25.80 m e 27.00 m utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro φ 50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica, dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm^2 ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3/8 del presente rapporto.

IL RESPONSABILE DI SITO

Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Emilio Guerzoni

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1

RAPPORTO DI PROVA N. P02547

Committente: **Molini Industriali srl**

Località: **Modena, via Attiraglio**

Cantiere: **nuovo deposito farine**

Data prova: **06/12/21** Data emissione rapporto: **07/12/21**

Procedure di campionamento

Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pag. 5/8, 6/8, 7/8) e consegnate alla Committenza.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:
- AGI (1977): “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione.
Incertezza associata alle prove **SPT**: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.
Software di elaborazione: “*Stratigrafie*” ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.

IL RESPONSABILE DI SITO

Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Emilio Guerzoni

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove in sito
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 54953/29-05-2006 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC/2010

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

Committente: Molini Industriali srl	Sondaggio: 1
Riferimento: Nuovo deposito farine	Data: 06/12/2021
Località: Modena, via Attiraglio	Quota:
Coordinate WGS84/UTM 32 N:	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - 1

ø mm	metri batt.	R v	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt
				0,1	0,1	Asfalto.				
	1			1,3	1,2	Terreno di riporto costituito da ghiaia e sabbia, con frammenti di laterizi, grigio chiara.				
	2 3 4 5			5,4	4,1	Argilla limosa, grigio nerastra, con rari frammenti di laterizi.				
	6 7 8 9 10 11 12			12,0	6,6	Argilla debolmente limosa, grigio nocciola.				
	13 14 15			15,0	3,0	Argilla debolmente limosa, grigio chiara. Livello di torba tra: 12.70-12.90 m.				
	16 17 18			18,0	3,0	Argilla debolmente limosa, grigia.				
	19 20 21 22 23			23,5	5,5	Argilla debolmente limosa, grigio nerastra. Livello di torba tra: 18.00-18.20 m, 19.20-19.40 m, 21.40-21.60 m.				
	24			24,5	1,0	Sabbia fine, grigio scura. Livello argilloso limoso, grigio scuro tra: 23.60-23.80 m.				
	25			25,3	0,8	Sabbia medio fine, grigio scura.				
	26			26,0	0,7	Sabbia con poca ghiaia, grigia, addensata.	25,8	24-20-25	45	C
	27 28			28,6	2,6	Sabbia con ghiaia, grigio scura, addensata. La ghiaia si presenta sub-arrotondata, dim. 2-6 cm, in matrice sabbiosa localmente abbondante.	27,0	25-28-24	52	C
101	29			29,0	0,4	Argilla limosa, grigio scura.				

DATI TECNICI

RAPPORTO DI PROVA N. P02547 del 07/12/2021

Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Atlas Copco Mustang A66 CB-T attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.

Diametro rivestimento: 127 mm per 28.20 m.

Responsabile di sito:
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Aiuti Responsabile di sito:
Sig. Alfredo Tonielli
Sig. Abdellah Essahri

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove in sito
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 54953/29-05-2006 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC/2010

Committente: Molini Industriali srl	Sondaggio: 1
Riferimento: Nuovo deposito farine	Data: 06/12/2021
Località: Modena, via Attiraglio	Quota:
Coordinate WGS84/UTM 32 N:	

LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	metri batt.	R v	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	DATI TECNICI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
3) Rivestimento
4) Simbolo litologico
5) Profondità della base dello strato (m)
6) Spessore dello strato (m)
7) Descrizione della litologia dello strato
8) Profondità di inizio della prova S.P.T.
9) Prova S.P.T.
10) Valore di Nspt
11) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
12) Dati tecnici

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove in sito
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 54953/29-05-2006 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC/2010

Committente: Molini Industriali srl	Sondaggio: 1
Riferimento: Nuovo deposito farine	Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 1/4

Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00

Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove in sito
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 54953/29-05-2006 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC/2010

Committente: Molini Industriali srl	Sondaggio: 1
Riferimento: Nuovo deposito farine	Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 2/4

Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00

Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove in sito
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 54953/29-05-2006 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC/2010

Committente: Molini Industriali srl	Sondaggio: 1
Riferimento: Nuovo deposito farine	Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 3/4

Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00

Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 29,00

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV

Certificazione Ufficiale - Settore « C » - Prove in sito
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 54953/29-05-2006 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7619/STC/2010

Committente: Molini Industriali srl	Sondaggio: 1
Riferimento: Nuovo deposito farine	Data: 06/12/2021

Fotografie - Pagina 4/4

Ubicazione sondaggio

Il Responsabile di sito
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Committente:

Molini Industriali SpA

Strada Attiraglio 133, 41122 Modena

Oggetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVO SILOS PER STOCCAGGIO FARINA

Ubicazione:

strada Attiraglio n.133 – Modena (MO)

Elaborato:

R1 - RELAZIONE PRELIMINARE DELLE STRUTTURE

Il Tecnico:	
Dott. Ing. Fabrizio Baroni	

Impresa:

Progettazione Strutture:

ING. FABRIZIO BARONI

Via Magione 6 – 40053 Valsamoggia (BO)

Corso Martiri n°294 – 41013 Castelfranco Emilia (MO)

Tel.3282229583 – e-mail: fabrizio@ingbaroni.it

1 INDICE

1 INDICE 2
2 ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEL PROGETTO 3
2.1 DESCRIZIONE GENERALE 3
2.2 CONTESTO EDILIZIO, CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, MORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE 6
2.2.1 Parametri geotecnici del terreno del sito 6
2.2.2 Sismicità dell'area 9
2.3 NORMATIVA TECNICA 10
2.4 PARAMETRI DI PROGETTO 10
2.5 MATERIALI 13
2.6 CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE 13
2.7 AZIONI SULLA STRUTTURA 14
2.8 COMBINAZIONI DI CARICO 14
2.9 METODO DI ANALISI 15
2.10 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE 15
3 AZIONI SULLA STRUTTURA 16
3.1 AZIONE PERMANENTE DEL PESO PROPRIO STRUTTURALE 16
3.2 AZIONE PERMANENTE DEI PESI PROPRI NON STRUTTURALI 16
3.3 AZIONE VARIABILE DA MAGAZZINO 16
3.4 AZIONE ACCIDENTALE DA SCALE 16
3.5 AZIONE VARIABILE DELLA NEVE 16
3.6 AZIONI DOVUTE AL MATERIALE INSILATO 17
3.6.1 Massa del materiale insilato 30
3.7 AZIONE SISMICA 30
3.8 AZIONE DELLA TEMPERATURA 34
3.9 ANALISI DEI CARICHI 34
3.9.1 Impalcati 34

2 ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

2.1 Descrizione generale

L'intervento strutturale in oggetto prevede la realizzazione di un fabbricato con struttura portante in CA destinato al deposito di farina ad uso dello stabilimento di Modena della ditta Molini Industriali SpA.

La struttura è composta da pareti in cemento armato, che si estendono per l'intero sviluppo verticale della costruzione; sono inoltre presenti alcuni pilastri, sempre realizzati in CA, a sostegno dei primi due impalcati e della copertura.

La resistenza alle azioni verticali è suddivisa tra i due sistemi (pilastri e pareti) ad ognuno dei quali compete una determinata area di influenza, mentre la funzione di controvento nei confronti delle azioni sismiche è affidata alle pareti verticali.

La pianta del fabbricato risulta irregolare ed è caratterizzata da una configurazione quadrata; le pareti di base si sviluppano lungo entrambe le direzioni principali seguendo la forma dell'edificio: queste hanno tutte spessore pari a 70 cm.

Lungo lo sviluppo verticale del fabbricato si possono distinguere tre porzioni principali nelle quali questo risulta idealmente suddiviso: la porzione intermedia in particolare è occupata dal silo vero e proprio ovvero dalle canne di stoccaggio delle farine, in numero totale di 16, hanno altezza pari a 22 m circa; la sezione trasversale di tutte le canne risulta pari a 3,60x3,60 m (*quadrata*). Le pareti che formano le canne si possono dividere in due categorie: le pareti esterne che corrono lungo il perimetro del blocco silos e che hanno spessore pari a 30 cm, e le pareti interne con spessore pari a 25 cm.

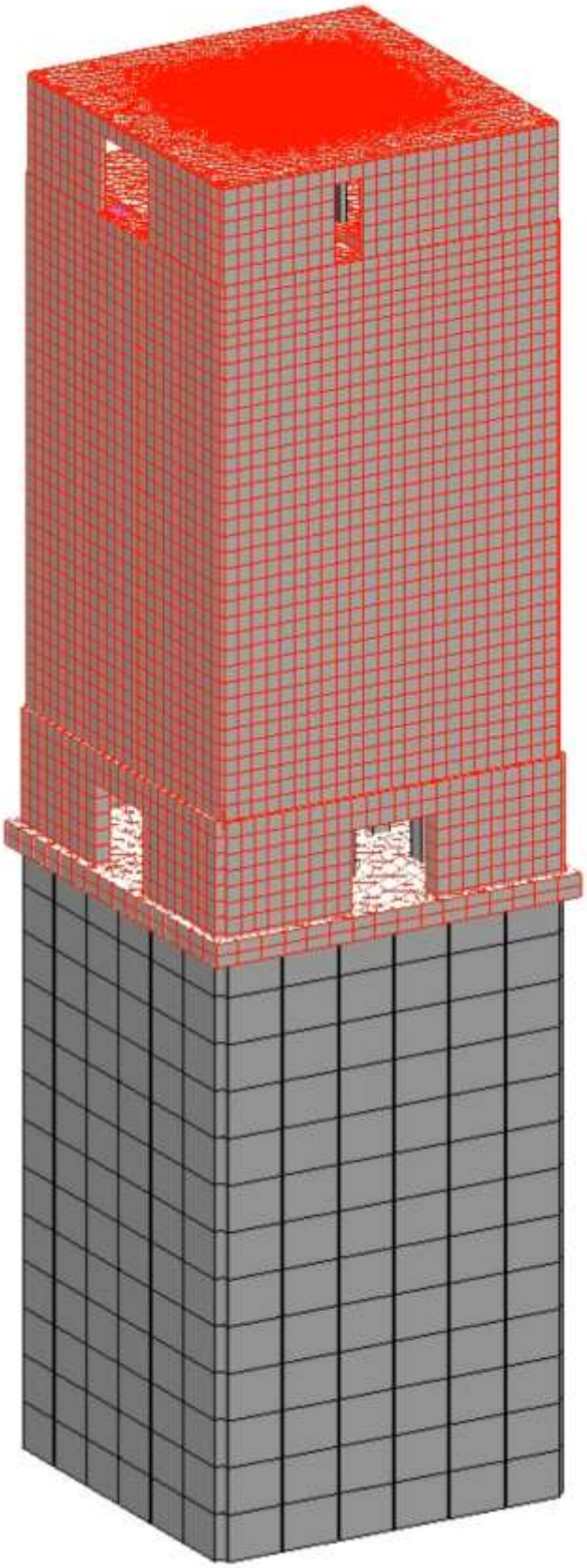
Al di sotto delle canne di stoccaggio è posizionato un piano tecnico adibito al passaggio degli impianti di miscelazione e scarico dei prodotti.

La porzione sommitale del silo è destinata ad ospitare, in più piani, le attrezzature e gli impianti destinati al carico delle canne del silos e alla vagliatura/pesatura del materiale. Le pareti che formano questa porzione hanno spessore pari a 20 cm.

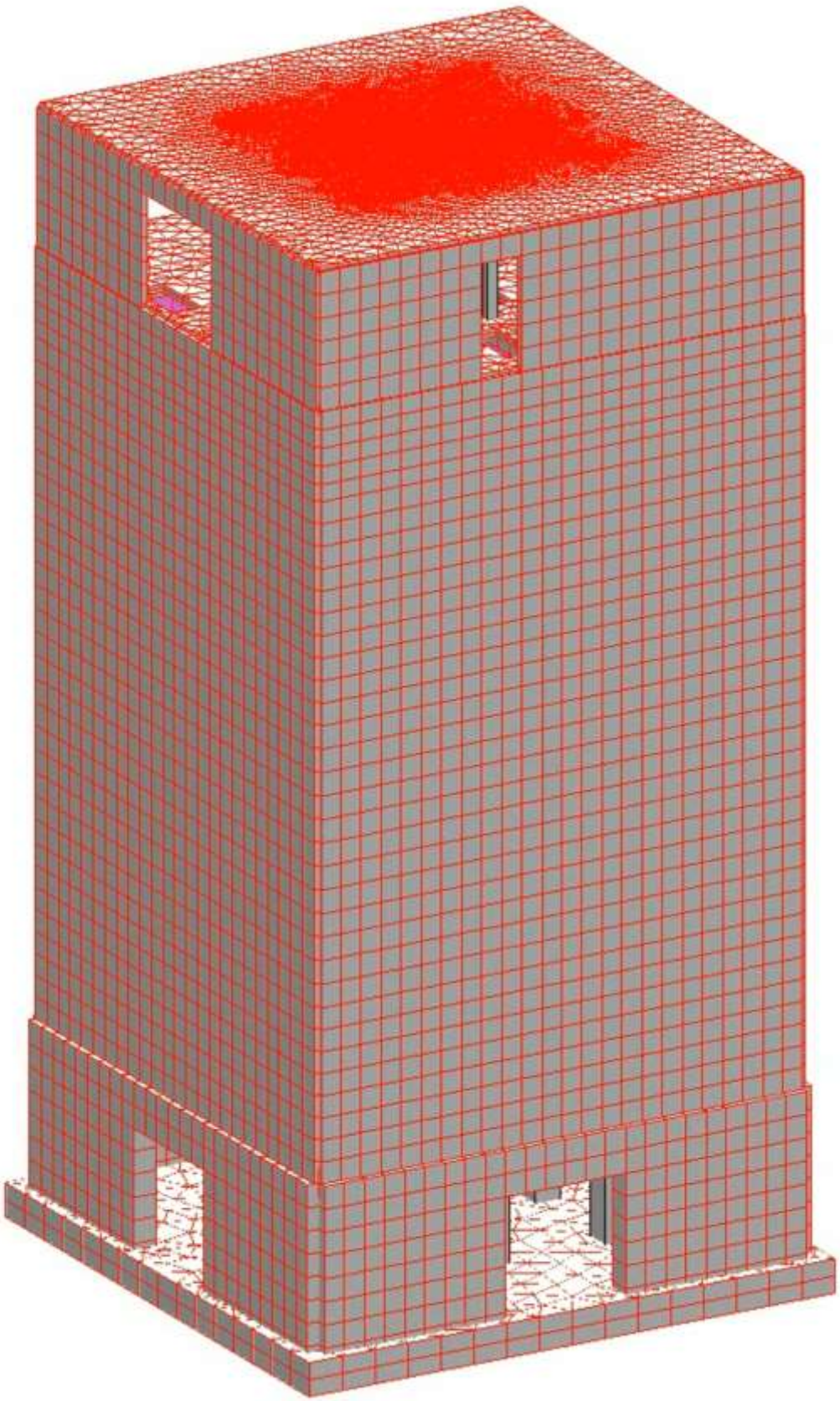
Completano il fabbricato una scala metallicha di collegamento tra i vari piani tecnici.

Tutti gli impalcati di piano e di copertura vengono realizzati mediante solette piene in CA così come la fondazione a platea che posa su di una palificata realizzata mediante elementi diaframma di sezione rettangolare di dimensioni 80/90 x 240 cm. In particolare alcuni diaframmi vengono posti a sostegno dei pilastri del piano terra, mentre altri diaframmi, realizzano la fondazione delle pareti in CA, trasferendo le azioni agli strati più profondi e densi del terreno di fondazione.

Si riportano di seguito alcune immagini del fabbricato (tratte dal modello di calcolo).



Vista assonometrica



Vista assonometrica

2.2 Contesto edilizio, caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche

Il sito di costruzione del fabbricato si colloca nel comune di Modena (MO) a nord rispetto al centro cittadino ed a ridosso della prima fascia periferica, in corrispondenza del toponimo "Mulini Nuovi".

Il rilevamento geologico conferma quanto esposto nella "Carta Geologica" della zona ed evidenzia la presenza di litotipi a caratteristiche tessiturali prevalentemente limose e ghiaioso-sabbiose come di seguito descritte:

AES08 – Unità di Modena: limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno-grigiastro. Nella pianura ricopre resti archologici di età romana del VI secolo d.C., potenza massima di alcuni metri (>10m)

L'unità si presenta in litofacies argillosa in corrispondenza della zona di studio ed in litofacies limosa immediatamente ad est della zona di studio.

Nella zona non sono presenti fenomeni geomorfologici particolari e l'area risulta pianeggiante con una leggera inclinazione verso nord est in corrispondenza con l'andamento della Pianura Padana.

Tutti i dati relativi alle caratteristiche geologiche del sito in cui insiste il fabbricato oggetto della presente relazione sono riportati nella relazione geologica e geotecnica redatta dal Dott. Fabrizio Anderlini, di cui si allega copia al progetto.

2.2.1 Parametri geotecnici del terreno del sito

La caratterizzazione geotecnica e geologica del sito è stata affidata ad uno studio geologico che ha effettuato una prova in situ di carotaggio continuo e diverse indagini di laboratorio.

I risultati delle diverse prove sono stati integrati per fornire le caratteristiche geotechiche del terreno in situ al fine di dimensionare e verificare di conseguenza le strutture di fondazione.

Si riporta di seguito il quadro riassuntivo delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni rilevati.

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Le indagini penetrometriche ed il sondaggio a carotaggio, hanno permesso di ricostruire la stratigrafia litotecnica del suolo sino alla profondità di -34.00 m da p.c. attuale.

Su lotto, al di sotto di un cospicuo spessore di riporto eterogeneo è presente un primo strato di 4,0 m di terreno organico limoso sabbioso poco consistente caratterizzato da Resistenze alla Penetrazione statica molto basse. Si susseguono da -4,0 m a -24,0 m argille e limi da consistenti a mediamente consistenti con interstrati sabbioso limosi alla base. A-24,0 m si riscontrano ghiaie e sabbie mediamente addensate. Lo spessore e la continuità dello strato ghiaioso è da verificare mediante implementazione di indagine

SCHEMA GEOMECCANICO DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE PARZIALE

NUOVO FABBRICATO

Strato	Profondità	[illegible]	Litotipo	Parametri geotecnici
1	0.0 – 1.20 m da p.c.		Riempimento riporto eterogeneo	Non definibile

2	**1.20 – 4.20** m da p.c.	-2.20 m attuale possibile risalita a -1,00	**Argilla organica Scarsamente consistente**	γ	1800 kg/cm^3 ≈ 18.00 kN/m^3
				γ'	2000 kg/cm^3 ≈ 20.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.30 kg/cm^2 ≈ 30.0 kN/m^2
				C'_k	0.02 kg/cm^2 ≈ 2.0 kN/m^2
				M_{0k}	30.0 kg/cm^2 ≈ 3000 kN/m^2
				ϕ_k	19°
				ν	0.50
3	**4.20 – 6.80** m da p.c.		**Argilla o argilla limosa a media consistenza**	γ	1850 kg/cm^3 ≈ 18.50 kN/m^3
				γ'	2100 kg/cm^3 ≈ 21.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.42 kg/cm^2 ≈ 42.0 kN/m^2
				C'_k	0.04 kg/cm^2 ≈ 4.0 kN/m^2
				M_{0k}	44.0 kg/cm^2 ≈ 4400 kN/m^2
				ϕ_k	21°
				ν	0.45
4	**6.80 – 22.50** m da p.c.		**Argilla o limi argillosi a consistenza variabile**	γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.48 kg/cm^2 ≈ 48.0 kN/m^2
				C'_k	0.06 kg/cm^2 ≈ 6.0 kN/m^2
				M_{0k}	50.0 kg/cm^2 ≈ 5000 kN/m^2
				ϕ_k	22°
				ν	0.45
5	**23.00 – 24.00/25.00** m da p.c.		**Limi sabbiosi, sabie limose sciolte**	γ	1870 kg/cm^3 ≈ 18.70 kN/m^3
				γ'	2100 kg/cm^3 ≈ 21.00 kN/m^3
				C_{uk}	0.35 kg/cm^2 ≈ 35.0 kN/m^2
				C'_k	0.05 kg/cm^2 ≈ 5.0 kN/m^2
				Es_k	85.0 kg/cm^2 ≈ 8500 kN/m^2
				ϕ_k	24°
				ν	0.40
6	**24.00/25.00-29.00** m da p.c.		**Sabbia e ghiaia mediamente addensata**	γ	2000 kg/cm^3 ≈ 20.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				Dr	50%
				Es_k	300.0 kg/cm^2 ≈ 30000 kN/m^2
				ϕ_k	30°
				ν	0.30
				γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3

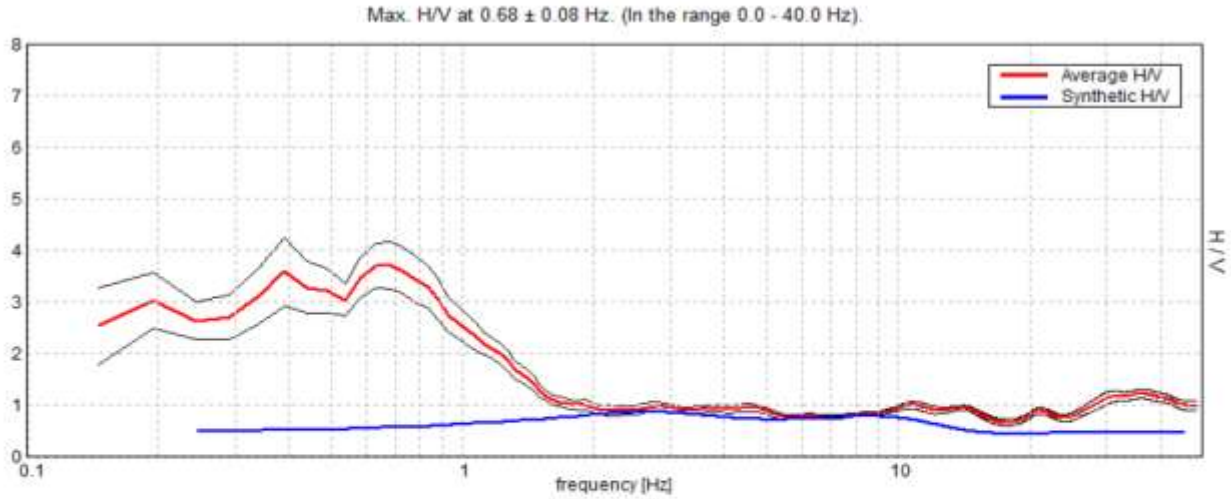
Legenda

γ	=	*peso specifico terreno naturale*
γ'	=	*peso specifico terreno saturo*
C_{uk}	=	*coesione non drenata caratteristica*
C'_k	=	*coesione efficace caratteristica*
Dr	=	*densità relativa*
M_{0k}	=	*modulo di deformazione edometrico caratteristico*
ϕ_k	=	*angolo d'attrito caratteristico*

2.2.2 Sismicità dell'area

È stata eseguita la caratterizzazione sismica dei terreni dell'area mediante la tecnica di indagine sismica passiva (HVSR) "Horizontal to vertical spectral ratio – metodo di Nakamura", al fine di individuare le frequenze caratteristiche di risonanza del sito e la modellazione dell'andamento delle onde Vs fino a 30 metri di profondità.

Si sono ottenuti i seguenti risultati dai quali si classifica il terreno di fondazione del fabbricato come appartenente alla categoria **C** corrispondente a depositi di sabbie e ghiaie medimente addensate, o di argille a media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, **caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s.**



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	200	0.45
25.00	20.00	300	0.40
25.00	30.00	400	0.35
inf.	inf.	400	0.35

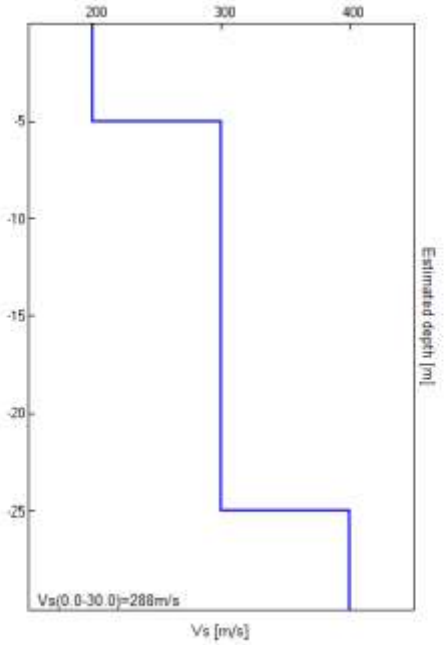


Fig. 4 elaborazione HVSR

2.3 Normativa tecnica

D.M. 17.1.2018: "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni",

Circolare 21.01.2019, n.7: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.1.2018.

UNI ENV 1992-1-1 – "Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo – part 1-1 Regole generali e regole per edifici"

EN 1998-4:2006 - **"**Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines";

UNI EN 1991-2:2005 - **"**Eurocode 1 – Action on structures– Part 2:Carichi da traffico sui ponti";

EN 1991-4:2006 - **"**Eurocode 1 – Action on structures– Part 4: Silos and tanks";

Linea guida per la messa in opera del cls. strutturale - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; feb. 2008;

UNI EN 206 – 1:2006 classi di esposizione ambientale;

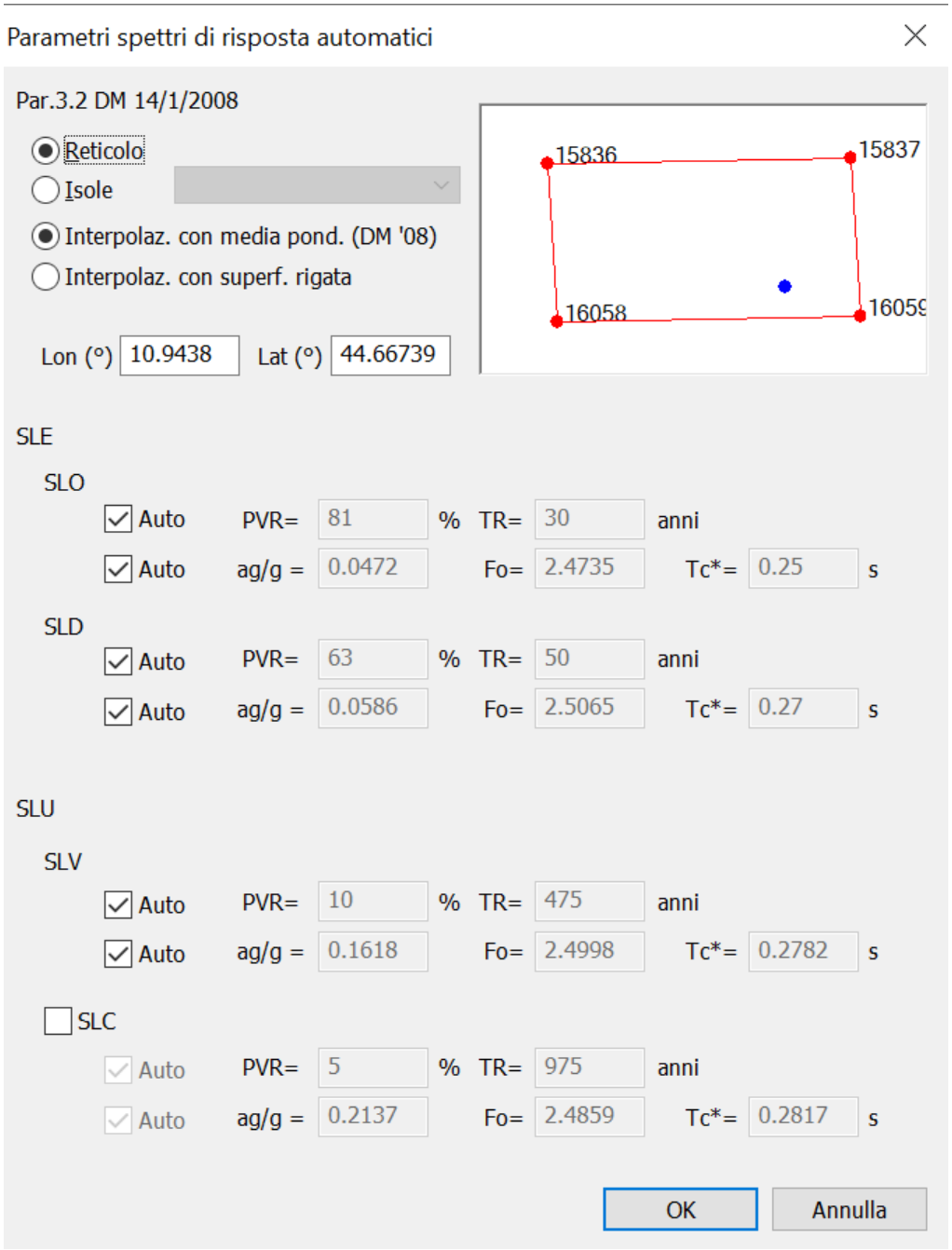
UNI ENV 13670-1:2001 Esecuzione di strutture in cls- Requisiti comuni

2.4 Parametri di progetto

Vita nominale per opere ordinarie	**Vn ≥ 50 anni**
Costruzione che prevede normali affollamenti	**Classe d'uso II**
Periodo di riferimento per l'azione sismica	**Vr = 50 anni**
Latitudine	**44.66739**
Longitudine	**10.9438**
Zona sismica	**Zona 3**
Categoria di sottosuolo	**C**
Categoria topografica	**T1**

Via Francia
Via Francia
Via Francia
Via Francia
Via Francia
Via Francia
Google

44.66739, 10.94380
Indicazioni stradali da qui
Indicazioni stradali fino a qui
Che cosa c'è qui?
Cerca nelle vicinanze
Stampa
Aggiungi un luogo mancante
Aggiungi la tua attività
Segnala un problema con i dati
Misura distanza
Via Fiorenzola
Via Fiorenzola
Via Fiorenzola



2.5 Materiali

Tutte i materiali ed i loro requisiti di resistenza meccanica e di durabilità sono presentate al cap. 5 della presente relazione

2.6 Criteri di progettazione e modellazione

Classe di duttilità:	**Bassa**
Percentuale eccentricità accidentale centro di massa:	**0.05**
Fattore di struttura (EN 1998-4:2006)	**1,5**

Le opere vengono verificate:

per gli Stati Limite Ultimi, che possono presentarsi in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni SLV

per gli Stati Limite di Esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese, prevalentemente di tipo de formativo SLD

L'analisi e le verifiche vengono effettuate per l'unica fase corrispondente allo stato di realizzazione finale.

2.7 Azioni sulla struttura

Alla struttura vengono applicate le seguenti azioni, che verranno di seguito meglio esposte al seguente capitolo 3.

- azione permanente del peso proprio strutturale
- azione permanente dei pesi propri non strutturali
- azione accidentale da magazzino (Categoria E)
- azione accidentale da scale (Categoria C2)
- azione variabile della neve
- azioni dovute al materiale insilato
- azione sismica
- azione della temperatura

2.8 Combinazioni di carico

I risultati contengono sia inviluppi sia combinazioni dei risultati delle condizioni di carico elementari.

Una condizione di inviluppo può essere di tipo "automatico" e in questo caso è un vero e proprio inviluppo dei valori minimi o massimi che ogni singola grandezza può assumere per effetto della combinazione lineare dei valori di ogni condizione di carico elementare, moltiplicati per il coefficiente che tra i due possibili risulta più tassativo.

Tutte le condizioni di carico in caso di inviluppo sono trattate tramite due moltiplicatori uno minimo e uno massimo per dare la possibilità di considerare azioni (tipo azione del vento o sisma) che possono agire in due direzioni opposte.

I risultati contengono sia inviluppi sia combinazioni assegnate dei risultati delle condizioni di carico elementari.

La combinazione lineare automatica può essere svolta anche su risultati di inviluppi, detti in questo caso inviluppi base, anzichè di condizioni di carico elementare. Il risutato è un inviluppo di inviluppi.

Le condizioni di carico possono essere distinte nelle seguenti tipologie:

Permanente: la CdC elementare è sempre presente nell'inviluppo e viene scelto il coefficiente più tassativo.

Variabile: le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate solo se la componente considerata (Forza, momento flettente, spostamento in una direzione, ecc.) è a sfavore, diminuendo il valore

finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo, scegliendo sempre il coefficiente più tassativo.

Variabile non Contemporanea: analoga alla Variabile ma vengono sommate le sollecitazioni della sola e unica CdC più gravosa, per la componente in esame, fra tutte quelle che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp), escludendo le altre CdC dello stesso gruppo.

Permanente non Contemporanea: analoga alle var. non contemporanea con la differenza che le sollecitazioni di almeno una CdC dello stesso gruppo (la più gravosa o la meno favorevole) vengono sommate anche se con effetto favorevole; in questo caso viene scelta la meno favorevole per la componente in esame.

Variabile Contemporanea: le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate insieme a tutte quelle Variabili Contemporanee che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp) solo se applicandole tutte assieme vanno a sfavore diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.

Non Considerata: le sollecitazioni della CdC elementare non contribuiscono all'inviluppo

Essendo molto numerose le condizioni di carico considerate, quindi le combinazioni, le tabelle con i coefficenti di combinazione utilizzate per le verifiche ai diversi SL vengono riportate in appendice A, allegata alla presente relazione.

2.9 Metodo di analisi

Il metodo di calcolo e verifica adottato per la struttura in elevazione è quello semiprobabilistico agli Stati Limite Ultimi e di Esercizio. L'analisi è stata condotta in campo elastico.

Le opere vengono analizzate per le condizioni statiche con analisi statica lineare, e per le condizioni sismiche con analisi dinamica modale lineare.

2.10 Criteri di verifica agli stati limite

In presenza di azione sismica, per gli stati limite Ultimi sono stati indagati gli stati Limite di Salvaguardia della Vita SLV per le verifiche di resistenza e stabilità; la capacità di deformazione agli stati limite ultimi è solo relativamente significativa in quanto sono presenti edifici nelle vicinanze ma non in adiacenza; per gli stati limite di Esercizio sono stati indagati gli stati Limite di Danno SLD per le verifiche resistenza e stabilità mentre appare non necessario il contenimento degli spostamenti interpiano per la verifica dell'eventuale danno agli elementi non strutturali, essendo la struttura per sua natura poco deformabile.

3 AZIONI SULLA STRUTTURA

3.1 Azione permanente del peso proprio strutturale

Tutte le strutture vengono modellate mediante elementi finiti a cui è attribuito il peso specifico del materiale di cui sono costituiti. Il calcolo del contributo del peso proprio strutturale avviene quindi in maniera automatica.

Per considerare la presenza, sul fondo di ogni singola cella, dei coni che costituiscono la tramoggia di scarico, nonché le unghie di raccordo tra pareti ortogonali della cella, vengono attribuiti ai nodi delle pareti perimetrali delle celle, dei carichi concentrati calcolati sulla base del volume di tali elementi.

3.2 Azione permanente dei pesi propri non strutturali

I pesi propri non strutturali sono limitati a pressioni applicate alle solette di piano, e sono posti pari a 2 kN/m^2.

Sulla platea è invece applicata una pressione pari a 5 kN/m^2.

3.3 Azione variabile da magazzino

Come suggerito dalla Normativa vigente (NTC08) il sovraccarico dovuto alla fruizione dei diversi impalcati di piano è pari a 6 kN/m^2, ed è applicato in forma di pressione sugli elementi di piano.

3.4 Azione accidentale da scale

Come suggerito dalla Normativa vigente (NTC08) il sovraccarico dovuto alla fruizione dei diversi impalcati di piano è pari a 4 kN/m^2, ed è applicato in forma di pressione sui solai che compongono il piano di calpestio delle scale di accesso ai vari piani.

3.5 Azione variabile della neve

Secondo il D.M. 14.01.2008 il carico della neve sulla copertura si calcola secondo la seguente formula:

$qs = \mu\ Ce\ Ct\ qsk$

con:

qsk = 1,50 kN/m^2	relativo alla zona di Modena (Zona I)
Ce = 1	relativo ad una topografia normale
Ct = 1	relativo ad ambienti poco riscaldati
μ = 0,8	relativo a coperture poco iclinate o piane

da cui risulta:

qs = 0,8 x 1 x 1 x 1,5 = **1,2 kN/m^2.**

Il carico sopra calcolato è applicato in forma di pressione sugli elementi di copertura.

3.6 Azioni dovute al materiale insilato

Per il calcolo delle azioni prodotte dalla presenza del materiale insilato e dalla loro movimentazione (riempimento/*filling* e svuotamento/*discharge*) si prende a riferimento la norma **EN 1991-4:2006** che fornisce la formulazione analitica delle pressioni che il materiale depositato nel silo esercita sulle pareti e sul fondo dello stesso.

Si distinguono innanzitutto tre tipologie di pressione:

- pressioni dovute alla presenza statiche del materiale
- pressioni dovute al riempimento del silo
- pressioni dovute allo svuotamento del silo

A loro volta le pressioni sopra elencate si dividono in pressioni sulle pareti verticali del silo (sia orizzontali che tangenziali/attriti) e pressioni sul fondo del silo, detto anche tramoggia (*hopper*), anche in questo caso divise in azioni normali e tangenziali alla superficie: tutte derivano principalmente dallle proprietà fisiche dell'insilato e geometriche del silo e discendono da parametri e formule contenuti nella norma considerata (EN 1991-4 e EN 1998-4).

Di seguito sono riportati i parametri suddetti e lo svolgimento dei calcoli delle azioni sulle canne del silos, divisi nei due contributi sulla canna più lunga e sulla canna più corta. Tali azioni sono differenti proprio in virtù della differente lunghezza totale della canna.

In particolare le formule utilizzate si riferiscono a sili snelli (*slender*), con riferimento all'immagine che segue per la determinazione delle caratteristiche geometriche del silo.

Simbolo	Valore	UM	Eq/Tab/Fig	Rif.	Descrizione
Caratteristiche silo					
Tipo	Q	/	Fig 1.1 d	EC 1-4	geometria della canna (C = circolare; Q = quadrata)
Cat.	D1	/	Tab 4.1	EC 1-4	classe di *rugosità* della parete
d_c	3,6	m	Fig 1.1 d	EC 1-4	dimensione lato della canna (o diametro per canna circolar
A	12,96	mq			area della sezione della canna

$$A = {d_c}^2 \ (silo\ quadrato); A = \pi {d_c}^2/4 \ \ (silo\ circolare)$$

U	14,40	m			perimetro interno della sezione della canna

$$U = 4d_c \ (silo\ quadrato); U = \pi d_c \ (silo\ circolare)$$

A/U	0,90	/	Fig 1.1 d	EC 1-4	rapporto area/perimetro della sezione

$$A/U = d_c/4 \ (silo\ quadrato); A/U = d_c/4 \ (silo\ circolare)$$

H	28,20	m			altezza totale del silo
h_b	23,35	m			altezza totale della canna (compresa la tramoggia)
h_h	8,95	m			altezza della tramoggia (compreso il "vertice")
h_c	19,95	m			altezza della porzione prismatica della canna
x_{ha}	-3,30	m			altezza "vertice" della tramoggia
Q_{ha}	4,85	m			quota "vertice" della tramoggia

s	0,72	m	Eq (5.12)	EC 1-4	altezza dell'impronta di carico per sovrapressioni
a	80	deg			angolo sull'orizzontale delle pareti della tramoggia
b	10	deg	Par 6.1.2	EC 1-4	angolo sulla verticale delle pareti della tramoggia

$$\beta = 90° - \alpha$$

i	1,6	/	Eq (6.1)	EC 1-4	fattore di *pendenza* della tramoggia
	steep		Par 6.1.1	EC 1-4	tipologia di fondo/tramoggia

$$flat\ (\alpha < 5°); steep\ (\tan\beta < 1 - K_l/2\mu_l); shallow\ (nei\ casi\ rimanenti)$$

h_c / d_c	5,54	/	Par 5.1	EC 1-4	fattore di *snellezza* del silo
	slender				

$$retaining\left({h_c}/{d_c} \le 0{,}4\right); squat\left(0{,}4 < {h_c}/{d_c} \le 1\right); intermediate\ \left(1 < {h_c}/{d_c} < 2\right); slender\ \left(2 \le {h_c}/{d_c}\right)$$

e_f	0	m	Fig. 1.1	EC 1-4	eccentricità del getto in riempimento
E	0	/	Eq (5.10)	EC 1-4	rapporto di eccentricità del getto in riempimento

$$E = 2\, e_f / d_c$$

Proprietà insilato (vedi Tab. E.1, EC 1-4)					
K_m	0,36	/	Tab E.1	EC 1-4	coefficiente di spinta laterale (medio)
a_k	1,11	/	Tab E.1	EC 1-4	coefficiente di variabilità di K
K_l	0,3243	/	Eq (4.2)	EC 1-4	coefficiente di spinta laterale (valore inferiore)

$$K_l = K_m / a_k$$

K_u	0,3996	/	Eq (4.1)	EC 1-4	coefficiente di spinta laterale (valore superiore)

$$K_u = K_m \cdot a_k$$

m_m	0,24	/	Tab E.1	EC 1-4	coefficiente di attrito con le pareti (medio)
a_m	1,16	/	Tab E.1	EC 1-4	coefficiente di variabilità di m
m_l	0,2069	/	Eq (4.4)	EC 1-4	coefficiente di attrito con le pareti (valore inferiore)

$$\mu_l = \mu_m / a_\mu$$

m_u	0,2784	/	Eq (4.3)	EC 1-4	coefficiente di attrito con le pareti (valore superiore)

$$\mu_l = \mu_m / a_\mu$$

f_{im}	42	deg	Tab E.1	EC 1-4	angolo di attrito interno (medio)
a_f	1,06	/	Tab E.1	EC 1-4	coefficiente di variabilità di f

f_{il}	39,6226	deg	Eq (4.6)	EC 1-4	angolo di attrito interno (valore inferiore)

$$\theta_{il} = \theta_{im}/a_\theta$$

f_{iu}	44,52	deg	Eq (4.5)	EC 1-4	angolo di attrito interno (valore superiore)

$$\theta_{iu} = \theta_{im} \cdot a_\theta$$

g	700	kg/mc	Tab E.1	EC 1-4	peso specifico (valore caratteristico superiore)
C_{op}	0,6	/	Tab E.1	EC 1-4	coefficiente di spinta orizzontale

Pressioni sulle pareti e sulla tramoggia in condizioni statiche (vedi Tab. 3.1, EC 1-4)

Pressione normale (orizzontale) sulle pareti verticali

z_0	10,89	m	Eq (5.5)	EC 1-4	profondità asintotica di Janssen

$$z_0 = \frac{1}{K_u \mu_l} \frac{A}{U}$$

p_{h0}	3045,0	kg/mq	Eq (5.4)	EC 1-4	pressione asintotica di Janssen

$$p_{h0} = \gamma\, K_u\, z_0$$

$Y_{jh(z=hc)}$	0,8400	/	Eq (5.6)	EC 1-4	legge di Janssen alla base

$$Y_{j(z)} = 1 - e^{-\frac{z}{z_0}}$$

$p_{hf(z=hc)}$	2557,8	kg/mq	Eq (5.1)	EC 1-4	pressione laterale alla base

$$p_{hf(z)} = p_{h0} Y_{j(z)}$$

Pressione tangenziale sulle pareti verticali

z_0	8,09	m	Eq (5.5)	EC 1-4	profondità asintotica di Janssen

$$z_0 = \frac{1}{K_u \mu_u} \frac{A}{U}$$

p_{h0}	2262,9	kg/mq	Eq (5.4)	EC 1-4	pressione asintotica di Janssen

$$p_{h0} = \gamma\, K_u\, z_0$$

$Y_{jw(z=hc)}$	0,9151	/	Eq (5.6)	EC 1-4	legge di Janssen alla base

$$Y_{j(z)} = 1 - e^{-\frac{z}{z_0}}$$

$p_{wf(z=hc)}$	576,5	kg/mq	Eq (5.2)	EC 1-4	pressione tangenziale alla base

$$p_{wf(z)} = \mu_u p_{h0} Y_{j(z)}$$

Pressione verticale sul fondo (ipotizzato piatto)					
z_0	13,41	m	Eq (5.5)	EC 1-4	profondità asintotica di Janssen

$$z_0 = \frac{1}{K_l \mu_l} \frac{A}{U}$$

p_{h0}	3045,0	kg/mq	Eq (5.4)	EC 1-4	pressione asintotica di Janssen

$$p_{h0} = \gamma\, K_l\, z_0$$

C_b	1,0	/	Eq (6.3)	EC 1-4	coefficiente moltiplicativo del carico
$Y_{jv(z=hc)}$	0,7740	/	Eq (5.6)	EC 1-4	legge di Janssen alla base

$$Y_{j(z)} = 1 - e^{-\frac{z}{z_0}}$$

$p_{vf(z=hc)}$	7267,3	kg/mq	Eq (5.3)	EC 1-4	pressione verticale alla base

$$p_{vf(z)} = \frac{p_{h0}\, C_b}{K_l} Y_{j(z)}$$

Nota: deriva dalla applicazione della equazione (6.2), EC1-4: $p_{vft}=C_b\, p_{vf}$

Pressioni sulla tramoggia					
b	0,2	/	Eq (6.18)	EC 1-4	parametro empirico
S	1	/	Eq (6.10)	EC 1-4	parametro empirico legato alla forma della tramoggia
n_f	0,9386949	/	Eq (6.18)	EC 1-4	fattore di pressione nella tramoggia (a silo pieno)

$$n = S(1-b)\mu_h \cot\beta$$

F_f	0,892023	/	Eq (6.17)	EC 1-4	rapporto di pressione (a silo pieno)

$$F_f = 1 - \frac{b}{(1 + \tan\beta/\mu_h)}$$

C_f	-102193,8	kg/mq	da Eq (6.7)	EC 1-4	costante di carico (a silo pieno)

$$C_f = \frac{\gamma h_h}{n_f - 1}$$

p_v	7267,3	kg/mq	Eq (6.7)	EC 1-4	massima pressione verticale (alla sommità)

$$p_{v(z)} = C_f \left[{}^{x}/_{h_h} - {}^{x}/_{h_h}{}^{n} \right] + p_{vft} \left({}^{x}/_{h_h} \right)^{n}$$

$p_{nf\,max}$	6482,6	kg/mq	Eq (6.29)	EC 1-4	massima pressione normale (in sommità)

$$p_{nf} = F_f p_v$$

$p_{tf\,max}$	1341,2	kg/mq	Eq (6.30)	EC 1-4	massima pressione tangenziale (in sommità)

$$p_{tf} = \mu_{eff} F_f p_v$$

Sovrapressioni dovute a riempimento (*filling*) e svuotamento (*discharge*)					
Pressioni normale e tangenziale sulle pareti verticali					
C_{pf}	0,126	/	Eq (5.9)	EC 1-4	coefficiente amplificativo del carico in riempimento
			$C_{pf} = 0{,}21 C_{op}[1 + 2E^2]\left(1 - e^{\{-1{,}5[(h_c/d_c)-1]\}}\right)$		
C_{pe}	0,252	/	Eq (5.28)	EC 1-4	coefficiente amplificativo del carico in svuotamento
			$C_{pf} = 0{,}42 C_{op}[1 + 2E^2]\left(1 - e^{\{-1{,}5[(h_c/d_c)-1]\}}\right)$		
C_h	1,15	/	Eq (5.21)	EC 1-4	fattore di svuotamento per pressioni normali
C_w	1,10	/	Eq (5.22)	EC 1-4	fattore di svuotamento per pressioni tangenziali
p_{he}	2941,5	kg/mq	Eq (5.18)	EC 1-4	massima pressione laterale in svuotamento (alla base)
			$p_{he} = C_h p_{hf}$		
p_{we}	634,1	kg/mq	Eq (5.19)	EC 1-4	massima pressione tangenziale in svuotamento (alla base)
			$p_{we} = C_w p_{wf}$		
p_{pf}	321,9	kg/mq	Eq (5.8)	EC 1-4	sovrapressione da riempimento
			$p_{pf} = C_{pf} p_{hf}$		
p_{pe}	740,4	kg/mq	Eq (5.27)	EC 1-4	sovrapressione globale da svuotamento
			$p_{pe} = C_{pe} p_{he}$		
$p_{pf\,nc(z=hc)}$	115,9	kg/mq	Eq (5.17)	EC 1-4	massima sovrapressione da riempimento (alla base)
			$p_{pf,nc} = 0{,}36 p_{pf}$		
$p_{pe\,nc(z=hc)}$	266,6	kg/mq	Eq (5.37)	EC 1-4	massima sovrapressione da svuotamento (alla base)
			$p_{pe,nc} = 0{,}36 p_{pe}$		

Pressioni normale e tangenziale sulla tramoggia					
f_{wh}	0,2040	rad	Eq (6.23)	EC 1-4	angolo di attrito interno durante svuotamento
			$\phi_{wh} = \tan^{-1} \mu_h$		

e	0,4972	rad	Eq (6.22)	EC 1-4	angolo virtuale di svuotamento

$$F_e = \phi_h + \sin^{-1}\left(\frac{\sin\phi_{wh}}{\sin\phi_i}\right)$$

F e	3,0196	/	Eq (6.21)	EC 1-4	rapporto di pressione (in svuotamento)

$$F_e = \frac{1 + \sin\phi_i \cos\varepsilon}{1 - \sin\phi_i \cos(2\beta + \varepsilon)}$$

n e	4,5627	/	Eq (6.8)	EC 1-4	fattore di pressione nella tramoggia (in svuotamento)

$$n = S\left(F\mu_{eff}\cot\beta + F\right) - 2$$

C e	1758,4883	kg/mq	Eq (6.7)	EC 1-4	costante di carico (in svuotamento)

$$C_e = \frac{\gamma h_h}{n_e - 1}$$

p v	7267,3	kg/mq	Eq (6.7)	EC 1-4	massima pressione verticale (alla sommità)

$$p_{v(z)} = C_e\left[{}^{x}/_{h_h} - {}^{x}/_{h_h}{}^{n_e}\right] + p_{vft}\left({}^{x}/_{h_h}\right)^{n_e}$$

p ne max	21944,4	kg/mq	Eq (6.29)	EC 1-4	massima pressione normale (in sommità)

$$p_{ne} = F_e p_v$$

p te max	4540,2	kg/mq	Eq (6.30)	EC 1-4	massima pressione tangenziale (in sommità)

$$p_{te} = \mu_{eff} F_e p_v$$

Pressioni sulle pareti e sul fondo in condizioni sismiche

Pressione normale (orizzontale) sulle pareti verticali

z 0	10,42	m	Eq (5.5)	EC 1-4	profondità asintotica di Janssen

$$z_0 = \frac{1}{K_m \mu_m} \frac{A}{U}$$

p h0	2625,0	kg/mq	Eq (5.4)	EC 1-4	pressione asintotica di Janssen

$$p_{h0} = \gamma\, K_m\, z_0$$

Y jh(z=hc)	0,8527	/	Eq (5.6)	EC 1-4	legge di Janssen alla base

$$Y_{j(z)} = 1 - e^{-\frac{z}{z_0}}$$

C b	1,0	/	Eq (6.3)	EC 1-4	coefficiente moltiplicativo del carico
p hf(z=hc)	2238,3	kg/mq	Eq (5.1)	EC 1-4	pressione laterale alla base

$$p_{hf(z)} = p_{h0} Y_{j(z)}$$

$p_{wf(z=hc)}$	537,2	kg/mq	Eq (5.2)	EC 1-4	pressione laterale alla base

$$p_{wf(z)} = \mu_m p_{h0} Y_{j(z)}$$

$p_{vf(z=hc)}$	6217,5	kg/mq	Eq (5.3)	EC 1-4	pressione verticale alla base

$$p_{vf(z)} = \frac{p_{h0}}{K_m} Y_{j(z)}$$

Nota: deriva dalla applicazione della equazione (6.2), EC1-4: $p_{vft}=C_b\, p_{vf}$

Pressione addizionale sulle pareti equivalente all'azione sismica					
a (z=0)	0,500	/	Par 3.3	EC 8-4	accelerazione spettrale adimensionalizzata in sommità
a (z=h c)	0,027	/			accelerazione spettrale adimensionalizzata alla base del si

$$\alpha_{(z=h_c)} = \frac{\alpha_{(z=0)}\,(H - h_c)}{H}$$

r_s*	1,800	m	Eq (3.6)	EC 8-4	fattore geometrico

$$r_s^* = min(h_c; d_c/2)$$

$Dp_{h\,s0\,(max)}$	630,0	kg/mq	Eq (3.5)	EC 8-4	massima sovrapressione da sisma (in sommità)

$$\Delta p_{hs0\,(z=0)} = \alpha_{(z=0)}\,\gamma\, min(r_s^*; 3x)$$

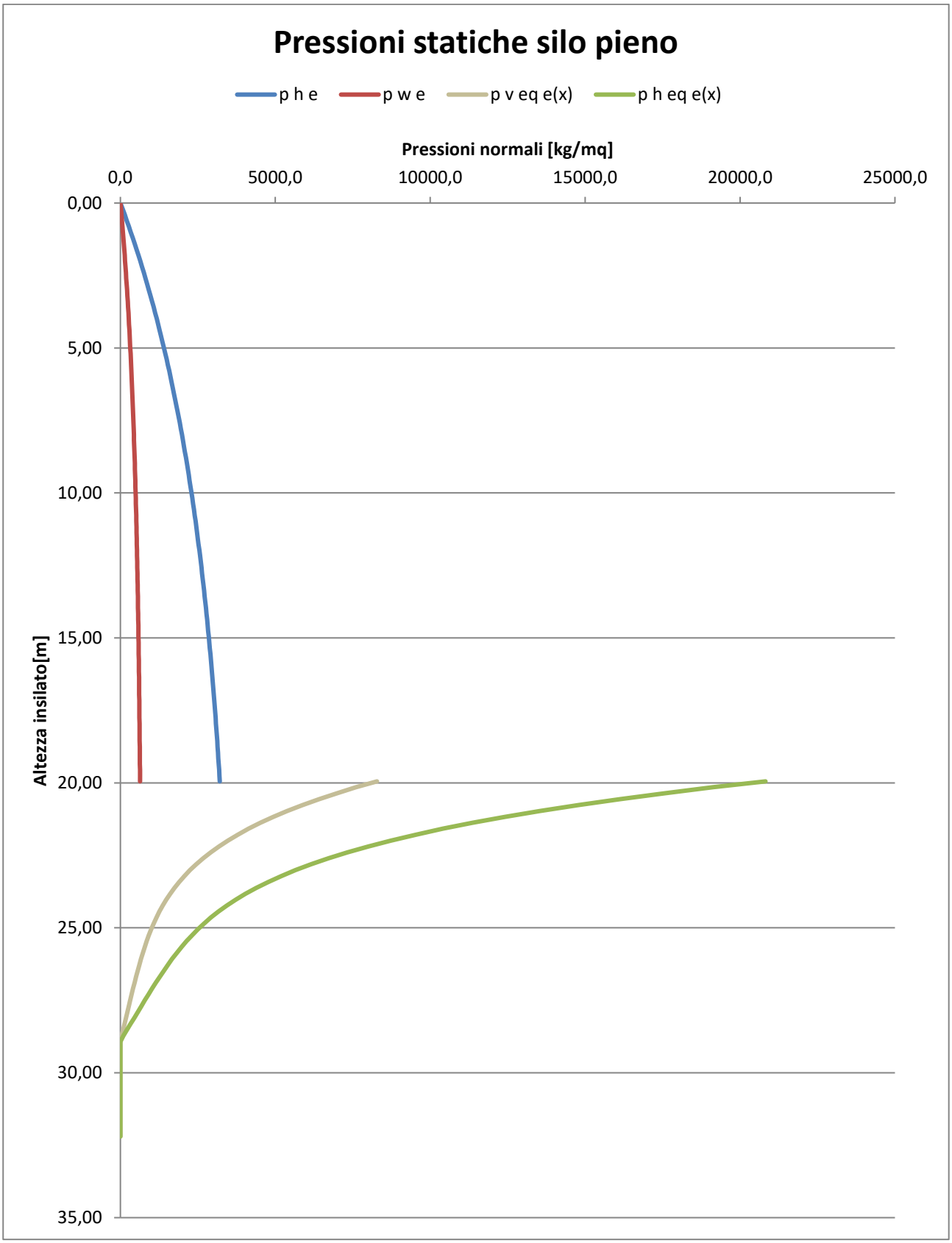

Pressioni statiche silo pieno
p h e
p w e
p v eq e(x)
p h eq e(x)
Pressioni normali [kg/mq]
0,0
5000,0
10000,0
15000,0
20000,0
25000,0
Altezza insilato[m]
0,00
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00

Table E.1: Particulate solids properties

Type of particulate solid [d,e]	Unit weight [b] γ		Angle of repose ϕ_r	Angle of internal friction ϕ_i		Lateral pressure ratio K		Wall friction coefficient [c] μ ($\mu = \tan \phi_w$)				Patch load solid reference factor C_{op}
	γ_ℓ	γ_u	ϕ_r	ϕ_{im}	a_ϕ	K_m	a_K	Wall type D1	Wall type D2	Wall type D3	a_μ	
	Lower	Upper		Mean	Factor	Mean	Factor	Mean	Mean	Mean	Factor	
	kN/m³	kN/m³	degrees	degrees								
Default material [a]	6,0	22,0	40	35	1,3	0,50	1,5	0,32	0,39	0,50	1,40	1,0
Aggregate	17,0	18,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,39	0,49	0,59	1,12	0,4
Alumina	10,0	12,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5
Animal feed mix	5,0	6,0	39	36	1,08	0,45	1,10	0,22	0,30	0,43	1,28	1,0
Animal feed pellets	6,5	8,0	37	35	1,06	0,47	1,07	0,23	0,28	0,37	1,20	0,7
Barley ✪	7,0	8,0	31	28	1,14	0,59	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,5
Cement	13,0	16,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5
Cement clinker ♮	15,0	18,0	47	40	1,20	0,38	1,31	0,46	0,56	0,62	1,07	0,7
Coal ✪	7,0	10,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,44	0,49	0,59	1,12	0,6
Coal, powdered ✪	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5
Coke	6,5	8,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,6
Flyash	8,0	15,0	41	35	1,16	0,46	1,20	0,51	0,62	0,72	1,07	0,5
Flour ✪	6,5	7,0	45	42	1,06	0,36	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,6
Iron ore pellets	19,0	22,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,5
Lime, hydrated	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,36	0,41	0,51	1,07	0,6
Limestone powder	11,0	13,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5
Maize ✪	7,0	8,0	35	31	1,14	0,53	1,14	0,22	0,36	0,53	1,24	0,9
Phosphate	16,0	22,0	34	29	1,18	0,56	1,15	0,39	0,49	0,54	1,12	0,5
Potatoes	6,0	8,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,33	0,38	0,48	1,16	0,5
Sand	14,0	16,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,38	0,48	0,57	1,16	0,4
Slag clinkers	10,5	12,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,48	0,57	0,67	1,16	0,6
Soya beans	7,0	8,0	29	25	1,16	0,63	1,11	0,24	0,38	0,48	1,16	0,5
Sugar ✪	8,0	9,5	38	32	1,19	0,50	1,20	0,46	0,51	0,56	1,07	0,4
Sugarbeet pellets	6,5	7,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,35	0,44	0,54	1,12	0,5
Wheat ✪	7,5	9,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,24	0,38	0,57	1,16	0,5

NOTE Where this table does not contain the material to be stored, testing should be undertaken.

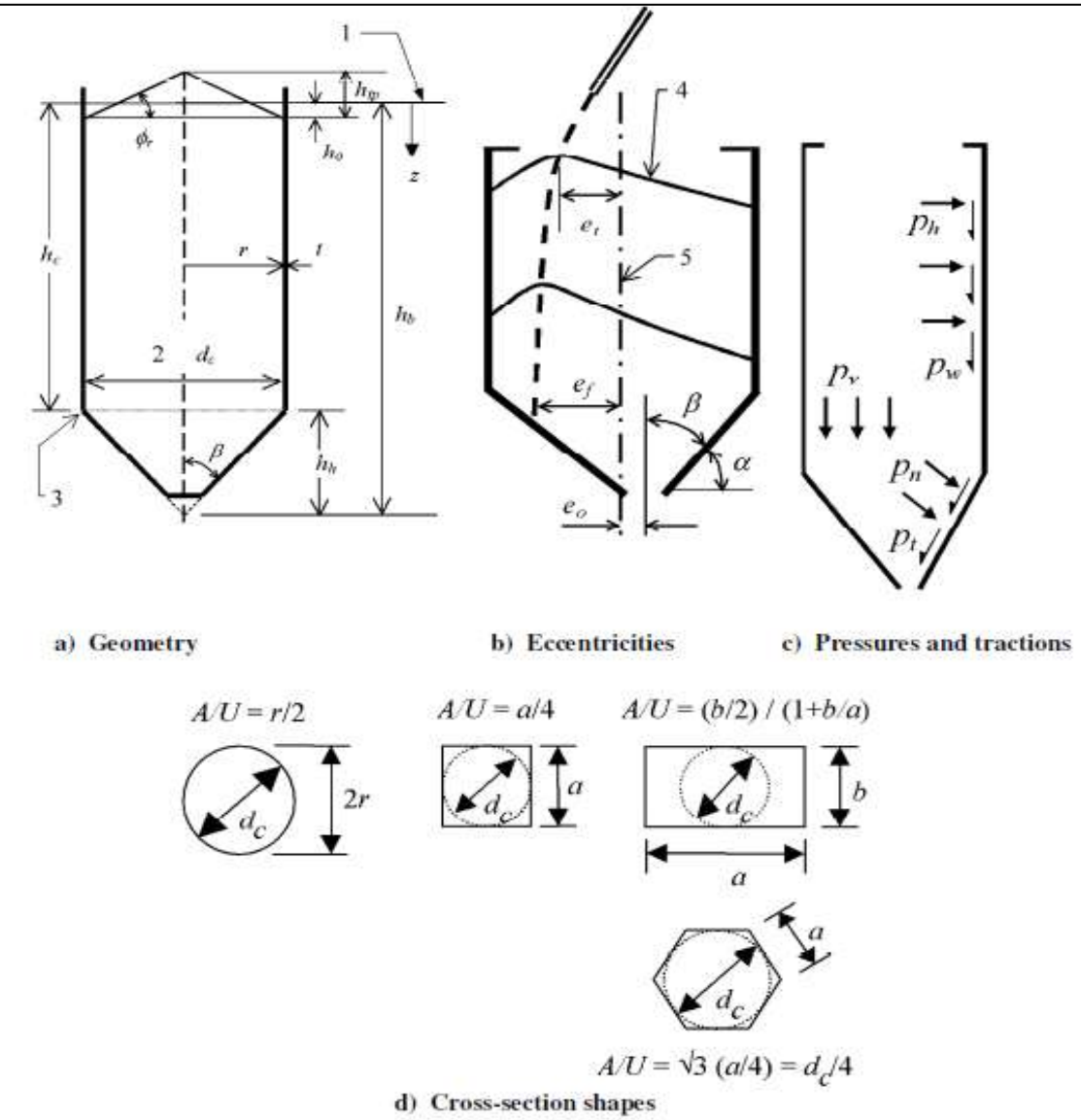
[a] For situations where it is difficult to justify the cost of testing, because the cost implications of using a wide property range for the design are minor, the properties of the "default material" may be used. For small installations, these properties may be adequate. However, they will lead to very uneconomic designs for large silos, and testing should always be preferred.

[b] The unit weight of the solid γ_u is the upper characteristic value, to be used for all calculations of actions. The lower characteristic value γ_ℓ is provided in Table E.1 to assist in estimating the required volume of a silo that will have a defined capacity.

[c] Effective wall friction for wall Type D4 (corrugated wall) may be found using the method defined in Annex D, D.2.

[d] Solids in this table that are known to be susceptible to dust explosion are identified by the symbol ✪

[e] Solids that are susceptible to mechanical interlocking are identified by the symbol ♮



Key

1 Equivalent surface
2 Inside dimension
3 Transition
4 Surface profile for full condition
5 Silo centre line

Figure 1.1: Silo forms showing dimensions and pressure notation

Table 3.1: Values of properties to be used for different wall loading assessments

	Characteristic value to be adopted		
Purpose:	Wall friction coefficient μ	Lateral pressure ratio K	Angle of internal friction ϕ_i
For the vertical wall or barrel			
Maximum normal pressure on vertical wall	Lower	Upper	Lower
Maximum frictional traction on vertical wall	Upper	Upper	Lower
Maximum vertical load on hopper or silo bottom	Lower	Lower	Upper
Purpose:	Wall friction coefficient μ	Hopper pressure ratio F	Angle of internal friction ϕ_i
For the hopper wall			
Maximum hopper pressures on filling	Lower value for hopper	Lower	Lower
Maximum hopper pressures on discharge	Lower value for hopper	Upper	Upper

NOTE 1: It should be noted that $\phi_{wh} \leq \phi_i$ always, since the material will rupture internally if slip at the wall contact demands a greater shear stress than the internal friction can sustain. This means that, in all evaluations, the wall friction coefficient should not be taken as greater than $\tan\phi_i$ (i.e. $\mu = \tan\phi_w \leq \tan\phi_i$ always).

NOTE 2: Hopper normal pressure p_n is usually maximized if the hopper wall friction is low because less of the total hopper load is then carried by wall friction. Care should be taken when choosing which property extreme to use for the hopper wall friction to ensure that the structural consequences are fully explored (i.e. whether friction or normal pressures should be maximized depends on the kind of structural failure mode that is being considered).

SILO

z assoluta mm	p h / p h eq N/mmq	p w / p v eq N/mmq	p sisma sottovento N/mmq	p sisma sopravento N/mmq	Totali sisma N/mmq
28200	0,000000	0,000000	0,012600	0,000000	0,012600
28001	0,000553	0,000153	0,012526	0,000000	0,012526
27801	0,001096	0,000303	0,012452	0,000000	0,012452
27602	0,001629	0,000449	0,012378	0,000000	0,012378
27402	0,002152	0,000592	0,012304	0,000000	0,012304
27203	0,002666	0,000731	0,012230	0,000000	0,012230
27003	0,003171	0,000866	0,012156	0,000000	0,012156
26804	0,003666	0,000999	0,012082	0,000000	0,012082
26604	0,004152	0,001128	0,012008	0,000000	0,012008
26405	0,004630	0,001254	0,011934	0,000000	0,011934
26205	0,005099	0,001377	0,011860	0,000000	0,011860
26006	0,005559	0,001497	0,011786	0,000000	0,011786
25806	0,006011	0,001614	0,011712	0,000000	0,011712
25607	0,006455	0,001728	0,011639	0,000000	0,011639
25407	0,006891	0,001839	0,011956	0,000391	0,011565
25208	0,007319	0,001948	0,012300	0,000809	0,011491

25008	0,007739	0,002054	0,012637	0,001220	0,011417
24809	0,008151	0,002157	0,012966	0,001623	0,011343
24609	0,008556	0,002258	0,013289	0,002020	0,011269
24410	0,008954	0,002357	0,013604	0,002410	0,011195
24210	0,009344	0,002453	0,013914	0,002793	0,011121
24011	0,009727	0,002547	0,014216	0,003169	0,011047
23811	0,010104	0,002638	0,014512	0,003539	0,010973
23612	0,010473	0,002727	0,014802	0,003903	0,010899
23412	0,010836	0,002814	0,015085	0,004260	0,010825
23213	0,011192	0,002899	0,015363	0,004612	0,010751
23013	0,011542	0,002982	0,015634	0,004957	0,010677
22814	0,011885	0,003063	0,015900	0,005297	0,010603
22614	0,012222	0,003142	0,016160	0,005631	0,010529
22415	0,012553	0,003219	0,016414	0,005959	0,010455
22215	0,012878	0,003294	0,016663	0,006282	0,010381
22016	0,013197	0,003367	0,016906	0,006599	0,010307
21816	0,013511	0,003438	0,017144	0,006911	0,010233
21617	0,013818	0,003508	0,017377	0,007218	0,010159
21417	0,014120	0,003576	0,017605	0,007520	0,010085
21218	0,014417	0,003642	0,017828	0,007816	0,010011
21018	0,014708	0,003707	0,018045	0,008108	0,009937
20819	0,014994	0,003770	0,018258	0,008395	0,009864
20619	0,015275	0,003832	0,018466	0,008677	0,009790
20420	0,015550	0,003892	0,018670	0,008954	0,009716
20220	0,015821	0,003951	0,018869	0,009227	0,009642
20021	0,016086	0,004008	0,019063	0,009496	0,009568
19821	0,016347	0,004064	0,019254	0,009760	0,009494
19622	0,016603	0,004118	0,019439	0,010020	0,009420
19422	0,016855	0,004171	0,019621	0,010275	0,009346
19223	0,017102	0,004223	0,019798	0,010526	0,009272
19023	0,017344	0,004274	0,019972	0,010774	0,009198
18824	0,017582	0,004323	0,020141	0,011017	0,009124
18624	0,017816	0,004371	0,020306	0,011257	0,009050
18425	0,018045	0,004418	0,020468	0,011492	0,008976
18225	0,018270	0,004464	0,020626	0,011724	0,008902
18026	0,018492	0,004509	0,020780	0,011952	0,008828
17826	0,018709	0,004552	0,020931	0,012176	0,008754
17627	0,018922	0,004595	0,021078	0,012397	0,008680
17427	0,019131	0,004637	0,021221	0,012615	0,008606
17228	0,019337	0,004677	0,021361	0,012829	0,008532
17028	0,019539	0,004717	0,021498	0,013039	0,008458
16829	0,019737	0,004755	0,021631	0,013247	0,008384
16629	0,019931	0,004793	0,021761	0,013451	0,008310
16430	0,020122	0,004829	0,021888	0,013652	0,008236
16230	0,020310	0,004865	0,022012	0,013850	0,008162
16031	0,020494	0,004900	0,022133	0,014045	0,008088
15831	0,020675	0,004934	0,022251	0,014236	0,008015

15632	0,020852	0,004968	0,022366	0,014425	0,007941
15432	0,021027	0,005000	0,022478	0,014611	0,007867
15233	0,021198	0,005032	0,022587	0,014794	0,007793
15033	0,021366	0,005063	0,022693	0,014975	0,007719
14834	0,021531	0,005093	0,022797	0,015152	0,007645
14634	0,021693	0,005122	0,022898	0,015327	0,007571
14435	0,021852	0,005151	0,022997	0,015500	0,007497
14235	0,022008	0,005179	0,023092	0,015670	0,007423
14036	0,022161	0,005206	0,023186	0,015837	0,007349
13836	0,022312	0,005233	0,023277	0,016002	0,007275
13637	0,022460	0,005259	0,023365	0,016164	0,007201
13437	0,022605	0,005284	0,023451	0,016324	0,007127
13238	0,022747	0,005309	0,023535	0,016482	0,007053
13038	0,022887	0,005333	0,023616	0,016637	0,006979
12839	0,023024	0,005357	0,023695	0,016790	0,006905
12639	0,023159	0,005380	0,023772	0,016941	0,006831
12440	0,023292	0,005402	0,023847	0,017090	0,006757
12240	0,023422	0,005424	0,023920	0,017237	0,006683
12041	0,023549	0,005445	0,023990	0,017381	0,006609
11841	0,023674	0,005466	0,024059	0,017524	0,006535
11642	0,023798	0,005486	0,024126	0,017664	0,006461
11442	0,023918	0,005506	0,024190	0,017803	0,006387
11243	0,024037	0,005526	0,024253	0,017939	0,006313
11043	0,024153	0,005544	0,024314	0,018074	0,006240
10844	0,024268	0,005563	0,024373	0,018207	0,006166
10644	0,024380	0,005581	0,024430	0,018338	0,006092
10445	0,024490	0,005598	0,024485	0,018467	0,006018
10245	0,024598	0,005615	0,024539	0,018595	0,005944
10046	0,024705	0,005632	0,024590	0,018721	0,005870
9846	0,024809	0,005648	0,024641	0,018845	0,005796
9647	0,024912	0,005664	0,024689	0,018967	0,005722
9447	0,025012	0,005680	0,024736	0,019088	0,005648
9248	0,025111	0,005695	0,024781	0,019208	0,005574
9048	0,025208	0,005710	0,024825	0,019325	0,005500
8950	0,208226	0,082819	0,024867	0,019441	0,005426
8746	0,191303	0,076088	0,024908	0,019556	0,005352
8542	0,175638	0,069857	0,024947	0,019669	0,005278
8338	0,161158	0,064098	0,024985	0,019781	0,005204
8133	0,147792	0,058782	0,024985	0,019781	0,005204
7929	0,135471	0,053881	0,024985	0,019781	0,005204
7725	0,124129	0,049370	0,024985	0,019781	0,005204
7521	0,113703	0,045223	0,024985	0,019781	0,005204
7317	0,104132	0,041417	0,024985	0,019781	0,005204
7113	0,095358	0,037927	0,024985	0,019781	0,005204
6908	0,087325	0,034732	0,024985	0,019781	0,005204
6704	0,079979	0,031810	0,024985	0,019781	0,005204
6500	0,073271	0,029142	0,024985	0,019781	0,005204

6296	0,067152	0,026708	0,024985	0,019781	0,005204
6092	0,061574	0,024490	0,024985	0,019781	0,005204
5888	0,056495	0,022470	0,024985	0,019781	0,005204
5683	0,055670	0,022142	0,024985	0,019781	0,005204
5479	0,054980	0,021867	0,024985	0,019781	0,005204
5275	0,054243	0,021574	0,024985	0,019781	0,005204
5071	0,053457	0,021262	0,024985	0,019781	0,005204
4867	0,052621	0,020929	0,024985	0,019781	0,005204

Le pressioni sopra calcolate vengono applicate al dimensionamento ed alla verifica delle pareti perimetrali delle celle.

La componente verticale delle medesime viene applicata anche alla soletta di piano che tuttavia si trova soggetta a carichi statici ben maggiori rispetto al peso reale del materiale che può essere stoccato nella canna. Per questo le componenti di carico dovute al materiale insilato vengono ridotte mediante un fattore costante nel formare una combinazione di carico appositamente creata per la verifica della soletta di piano che sostiene le canne verticali. Tale combinazione viene estesa poi alla verifica di tutti gli impalcati.

3.6.1 Massa del materiale insilato

Oltre alle pressioni calcolate come sopra riportato, si modella la presenza del materiale insilato mediante elementi solaio, distribuiti lungo lo sviluppo delle canne del silo, ai quali viene attribuito un carico distribuito sulla superficie che determini il peso del materiale farina.

Questi pesi, calcolati sulla base della portata in volume delle diverse canne verticali, vengono raccolti in una medesima condizione di carico statica (la numero 28: *masse farina*), che viene utilizzata unicamente per la valutazione della azione sismica: essa entra nel calcolo della massa totale del fabbricato e genera di conseguenza la associata azione orizzontale.

Di seguito si propone il calcolo della sopra citata pressione verticale sui solai utile a generare la massa del materiale insilato ed una immagine del modello esplicativa della configurazione adottata in cui i solai hanno differenti colorazioni asssociate alla tipologia di canna verticale: in *rosa* i solai delle canne lunghe, in *verde* i solai delle canne corte.

3.7 Azione sismica

La struttura in oggetto si trova in Zona 3

Categoria di sottosuolo C

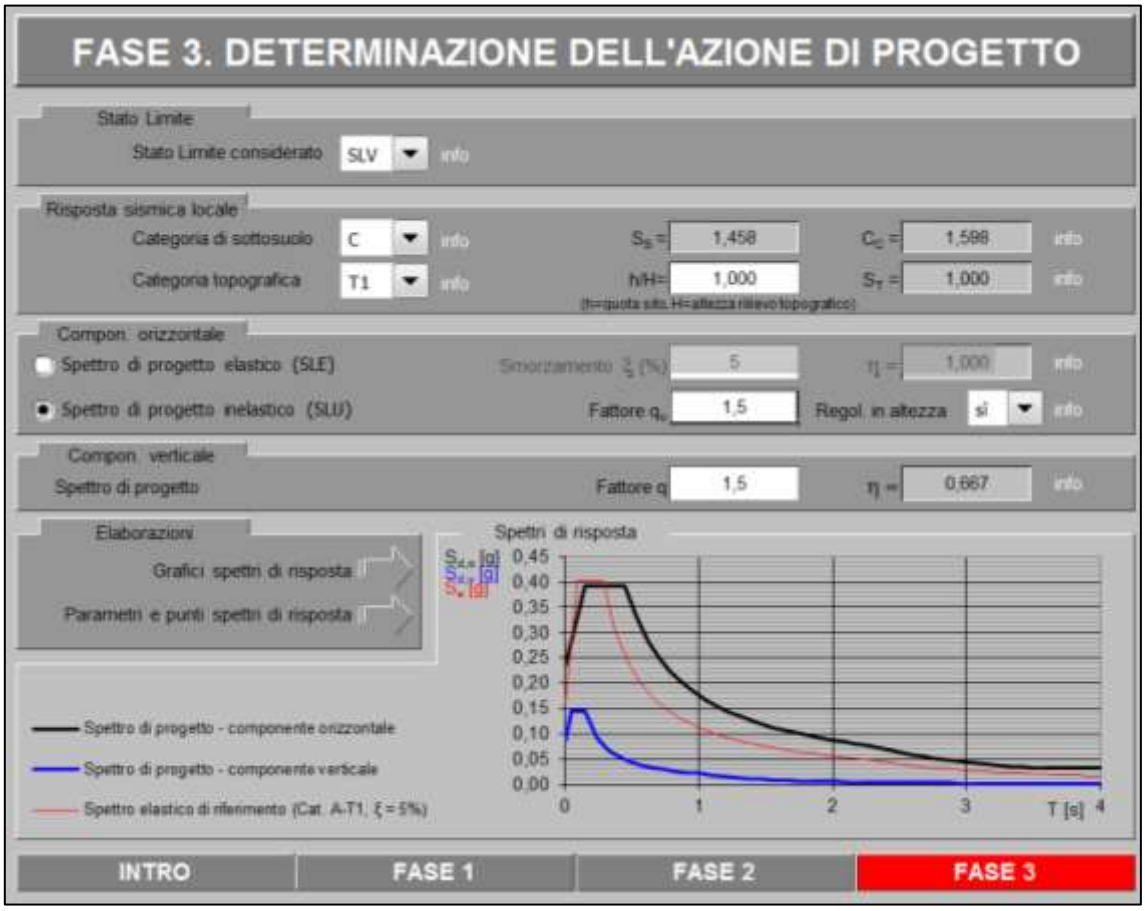
Categoria topografica T1

La caratterizzazione sismica del sito oggetto di studio prevede i parametri riportati di seguito.

Le immagini riportate sono tratte dal software Spettri NTC-ver 1.0.3, rilasciato dal Ministero LLPP.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÁ DEL SITO
Ricerca per coordinate
LONGITUDINE
10,94366
LATITUDINE
44,66097
Ricerca per comune
REGIONE
Emilia-Romagna
PROVINCIA
Modena
COMUNE
Modena
Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri
Elaborazioni numeriche
Tabella parametri
Nodi del reticolo intorno al sito
km/5
15836
15837
-7,5
16058
16059
7,5
km
-7,5
Reticolo di riferimento
Controllo sul reticolo
Sito esterno al reticolo
Interpolazione su 3 nodi
Interpolazione corretta
Interpolazione
superficie rigata
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE
Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N
50
info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U
1
info
Valori di progetto
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R
50
info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R
info
Stati limite di esercizio - SLE
SLO - P_{VR} = 81%
30
SLD - P_{VR} = 63%
50
Stati limite ultimi - SLU
SLV - P_{VR} = 10%
475
SLC - P_{VR} = 5%
975
Elaborazioni
Grafici parametri azione
Grafici spettri di risposta
Tabella parametri azione
Strategia di progettazione
10000
1000
100
10
T_R [anni]
30
50
475
975
SLO
SLD
SLV
SLC
LEGENDA GRAFICO
Strategia per costruzioni ordinarie
Strategia scelta
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3


FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO
Stato Limite
Stato Limite considerato
SLV
info
Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo
C
Categoria topografica
T1
S_S =
1,458
C_C =
1,598
h/H=
1,000
S_T =
1,000
Compon. orizzontale
Spettro di progetto elastico (SLE)
Spettro di progetto inelastico (SLU)
Fattore q_0
1,5
Regol. in altezza
sì
Compon. verticale
Spettro di progetto
Fattore q
1,5
η =
0,667
Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta
Spettri di risposta
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
0
1
2
3
4
T [s]
Spettro di progetto - componente orizzontale
Spettro di progetto - componente verticale
Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, ξ = 5%)
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,162 g
F_o	2,484
T_C^*	0,280 s
S_S	1,458
C_C	1,598
S_T	1,000
q	1,500

Parametri dipendenti

S	1,458
η	0,667
T_B	0,149 s
T_C	0,448 s
T_D	2,250 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_S \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55;\ \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$

$T_B \leq T < T_C$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$

$T_C \leq T < T_D$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$

$T_D \leq T$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,237
T_B ←	0,149	0,392
T_C ←	0,448	0,392
	0,534	0,329
	0,619	0,283
	0,705	0,249
	0,791	0,222
	0,877	0,200
	0,963	0,182
	1,048	0,167
	1,134	0,155
	1,220	0,144
	1,306	0,134
	1,392	0,126
	1,477	0,119
	1,563	0,112
	1,649	0,106
	1,735	0,101
	1,821	0,096
	1,906	0,092
	1,992	0,088
	2,078	0,084
	2,164	0,081
T_D ←	2,250	0,078
	2,333	0,073
	2,416	0,068
	2,500	0,063
	2,583	0,059
	2,666	0,056
	2,750	0,052
	2,833	0,049
	2,916	0,046
	3,000	0,044
	3,083	0,042
	3,166	0,039
	3,250	0,037
	3,333	0,036
	3,417	0,034
	3,500	0,032
	3,583	0,032
	3,667	0,032
	3,750	0,032
	3,833	0,032
	3,917	0,032
	4,000	0,032

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

3.8 Azione della temperatura

Si prende a riferimento la Normativa nazionale **NTC08** che consente di valutare l'effetto dell'aumento della temperatura degli elementi strutturali mediante l'applicazione di un gradiente termico prefissato, costante nello spessore degli elementi parete, distinto in funzione del grado di insolazione della parete considerata.

Dato il materiale strutturale CA si definiscono i seguenti gradienti di temperatura ΔTu:

- per strutture esposte $\Delta Tu = \pm 15°$
- per strutture protette $\Delta Tu = \pm 10°$

Nello specifico si considerano *esposte* le seguenti strutture:

- pareti piano terra e piano primo,
- pareti esterne delle celle,
- pareti vano ascensore,
- pareti porzione alta del silo,
- mpalcati di copertura;

mentre si considerano *protette* le seguenti strutture:

- pareti interne delle celle,
- impalcati di piano,
- platea di findazione.

3.9 Analisi dei carichi

Sulla base delle azioni sopra riportate si producono le seguenti analisi dei carichi per gli elementi principali del fabbricato.

3.9.1 Impalcati

Il software gestisce in automatico il calcolo del peso degli impalcati che essendo realizzati mediante solette piene in CA contempla esclusivamente pesi propri strutturali di tipo G1, a cui si sommano i sovraccarichi variabili di categoria E2 (ambienti di categoria industriale) o il carico accidentale da neve.

Per maggior chiarezza si riportano di seguito le analisi dei carichi relative al peso degli impalcati.

Platea_spessore 100+20 cm		
Carichi permanenti strutturali _ G1	30,0	kN/m^2
Carichi permanenti NON strutturali _ G2	5,0	kN/m^2
Carichi variabili_Q	6,0	kN/m^2

Impalcato 6_spessore 30 cm		
Carichi permanenti strutturali _ G1	7,5	kN/m^2
Carichi permanenti NON strutturali _ G2	2,0	kN/m^2
Carichi variabili_Q	6,0	kN/m^2

Impalcato 7,8_spessore 20 cm		
Carichi permanenti strutturali _ G1	5,0	kN/m^2
Carichi permanenti NON strutturali _ G2	2,0	kN/m^2
Carichi variabili_Q neve	1,2	kN/m^2