

## COMUNE DI CODIGORO

OGGETTO DELL'INTERVENTO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO  
PARCO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI CODIGORO - APEA DI POMPOSA –  
PONTE QUAGLIOTTO IN AREA EX DISCARICA ESAUSTA DI CAPRILE  
NELL'AMBITO DEL PROGRAMMA POR FESR 2007-2013  
OBIETTIVO COMPETITIVITA' ED OCCUPAZIONE- REGIONE EMILIA ROMAGNA**

ZONA DI INTERVENTO  
LOCALITA' MONTICELLI - CAPRILE (FE)

COMMITTENTE  
SIPRO S.p.A. Viale IV Novembre, 9 Ferrara

## AUTORIZZAZIONE UNICA

 UFFICIO TECNICO COOPERATIVO Via Gulinelli 11 – 44100 Ferrara Tel. (0532) 55111 – Fax 56093 www.uteco.it - e-mail: <a href="mailto:uteco@uteco.it">uteco@uteco.it</a>		PROJECT MANAGER Arch. Pietro Pigozzi		APPROVATO
		DIRETTORE TECNICO Arch. Pietro Pigozzi		
		GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ing. Livia Burini Geol. Elena Bonora		VERIFICATO
 Sinèrgo Spa Via Ca' Bembo 152 30030 - Maerne di Martellago Venezia - Italy tel 041.3642511 fax 041.640481 www.sinergospa.com <a href="mailto:info@sinergospa.com">info@sinergospa.com</a>		DIRETTORE TECNICO Ing. Arch. Alessandro Checchin		
		GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ing. Alessio Martignon Ing. Giovanni Ruggeri Geom. Enrico Cossalter P.I. Riccardo Crivellari		
STATO STATO DI PROGETTO				
CODIFICA <b>RTC 01</b>		TITOLO <b>RELAZIONE TECNICA</b> <b>ALLEGATO 1:</b> <b>Modello geologico, idrogeologico e geotecnico</b>		
DATA CONSEGNA	AGGIORNAMENTO	DATA	MOTIVAZIONE	
23/12/2010	00	23/12/2010	PRIMA EMISSIONE	

ANNO	PROGR.PROG	LIVELLO PROG.	ELABORATO	NUMERO ELAB
10	047	D	RTC	01

U.TE.CO. si riserva la proprietà di questo elaborato con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta.  
This document is property of U.TE.CO. Reproduction and divulgation forbidden without written permission.

# RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA E SISMICA

Committente: **S.I.PRO S.p.A.**

Oggetto: **RELAZIONE**

Località: **Caprile - Comune di Codigoro (Fe)**

Data: **Dicembre 2010**

Coordinamento progetto:  
**Dott. Giovanni Rossi**

Redazione progetto:  
**Dott. Geol. Linda Collina**



Via Bologna, 292 - 44124 Ferrara  
tel. 0532/977899 - fax. 0532/906907  
C.F. e Partita IVA 01299560381  
e-mail [info@sgm-ambiente.it](mailto:info@sgm-ambiente.it) -  
cap. soc. Euro 31.000,00 i.v.  
internet: [www.sgm-ambiente.it](http://www.sgm-ambiente.it)

## Sommarrio

1. PREMESSA .....	2
2. DOCUMENTAZIONE RACCOLTA E/O ELABORATA.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	4
4. IDROGEOLOGIA.....	7
5. METODOLOGIA D'INDAGINE DELLE PROVE IN SITU.....	12
6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO.....	13
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	16
8. STIMA DELLA RESISTENZA DEL SISTEMA GEOTECNICO .....	22
8.1. PREMESSA.....	22
8.2. PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI DETERMINATI IN BASE AL D.M. 14/01/08.....	23
8.3. RESISTENZA DEL SISTEMA GEOTECNICO (CAPACITÀ PORTANTE ULTIMA).....	26
8.4. VALUTAZIONE DELL'EFFETTO DEL SISMA .....	27
8.5. DETERMINAZIONE DEL CARICO ULTIMO QULT .....	28
8.6. DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DEL SISTEMA GEOTECNICO.....	31
8.7. CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	35
9. NOTE CONCLUSIVE.....	38

## 1. PREMESSA

Su incarico della Società S.I.PRO. S.p.A., è stata eseguita indagine in situ finalizzata ad identificare che nulla osti dal punto di vista geologico ed idrogeologico al progetto di realizzazione di un impianto fotovoltaico a Caprile nel comune di Codigoro in provincia di Ferrara. A tal fine sono state eseguite n°4 prove penetrometriche statiche approfondendo l'indagine sino alla massima profondità di – 30,00 dall'attuale piano di campagna. Oltre alla determinazione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione, la presente relazione ha lo scopo di valutare l'eventuale rischio sismico a cui sarà soggetto il manufatto.

Le normative e deliberazioni di riferimento risultano le seguenti:

- D.M. LL. PP. 11/3/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce”;
- D.M. 16/01/96 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, n. 3274 del 20/3/03;
- Delibera della giunta della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 con oggetto: Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, con particolare riferimento all'allegato A, “Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna”;
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3316 “Modifiche ed integrazioni all'ordinanza n. 3274 del 20/3/03”;
- Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale. Nota esplicativa dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/03. Data: 4 giugno 2003;
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 3/5/05;
- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni.

## 2. DOCUMENTAZIONE RACCOLTA E/O ELABORATA

Nelle tabb. 1 e 2 è riportato l'elenco della documentazione elaborata ai fini dell'indagine in oggetto. Come precisato nelle stesse tabelle, alcuni documenti e/o estratti sono stati allegati.

Tab. 2.1 – Documentazione cartografica		
N.	Estremi documenti	Oggetto e/o osservazioni
Tav. 1	Carta ubicazione prove penetrometriche	Elaborato

Tab. 2.2 – Documentazione allegata		
N.	Estremi documenti	Oggetto e/o osservazioni
All. 1	Tabulati CPT	Elaborato

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio rientra nel settore meridionale del grande bacino subsidente padano. Esso è costituito superficialmente da sedimenti Olocenici di piana alluvionale, a cui segue, in profondità, una coltre di sedimenti incoerenti di età Pliocenica e Quaternaria con depositi riferibili a vari ambienti deposizionali, in particolare: marini, deltizi, lagunari e fluvioplaustri. La parte superiore di tali sedimenti è rappresentata da depositi Quaternari continentali in continuità con i sedimenti superficiali, con spessori variabili che raggiungono i valori massimi a SE di Ferrara (circa 200 m.).

In particolare, il territorio in esame è caratterizzato da n. 2 unità geologiche fondamentali:

- a) Unità più profonda costituita da terreni depositatisi nei periodi del Miocene sup. e del Pliocene inf. I termini più alti sono rappresentati da sabbie e arenarie con limitate intercalazioni argillose. Alla base vi sono argille e marne con banchi arenacei-marnosi. Questi sedimenti sono deformati da pieghe, faglie inverse e ricoprenti, con assi allungati ad andamento NO-SE.
- b) Unità superiore costituita da sedimenti del Pliocene med.-sup. caratteristici di un ambiente deposizionale marino poco profondo, in progressiva colmazione. La base di questo complesso è situata a profondità variabile. Solo la base del Quaternario presenta generalmente profondità tra 2000 e 2800 m.

L'assetto attuale del territorio ferrarese è conseguenza dell'evoluzione della rete idrografica superficiale ed a fenomeni di subsidenza naturale ed antropica. A proposito del primo dei suddetti fattori, va tenuto presente che la condizione dei fiumi di bassa pianura è generalmente quella di sedimentazione: il corso d'acqua durante i fenomeni di esondazione tende a distribuire il proprio carico solido nelle aree circostanti in modo che le granulometrie maggiori (sabbie) vanno a costituire barre e le sponde naturali degli alvei, mentre i materiali più fini (limi ed argille) vengono depositati in zone più distali, in ragione della diminuzione dell'energia idrodinamica e quindi coerentemente al diminuire della competenza fluviale. Questi ultimi sedimenti, si costipano maggiormente di quelli costituenti l'alveo, determinando così, già per cause naturali, dislivelli tra gli alvei dei fiumi ed i territori circostanti. Su questi meccanismi di esondazione, preponderante è stato l'intervento antropico, che per preservarsi da tali fenomeni ha, per così dire, irrigidito la rete idrografica alzando via via gli argini e costringendo le aste fluviali a scorrere sempre dentro gli stessi alvei. La conseguenza diretta di tale operato è stata quella di bloccare i

nuovi apporti detritici nella campagna circostante ed esaltare i dislivelli tra letti fluviali e territori limitrofi.

Per quanto concerne i fenomeni di abbassamento, essi sono imputabili a:

- subsidenza geologica (naturale)
- abbassamento della falda freatica per scopi di bonifica, determinando fenomeni di subsidenza dovuti a semplici cause meccaniche per effetto del costipamento
- estrazioni eccessive di acqua e talora acqua mista a gas dalle formazioni quaternarie profonde.

A Codigoro la perdita di quota topografica (vedi fig. seguente) a partire dal 1903 e fino al 1988 è di 108 cm per lo più verificatasi tra gli anni '50 e '70. La velocità con cui il fenomeno si manifesta è variabile con tassi di subsidenza di 4 mm/anno fino al 1950, di 40 mm/anno dal 1950 e di 8 mm/anno dopo il 1970.

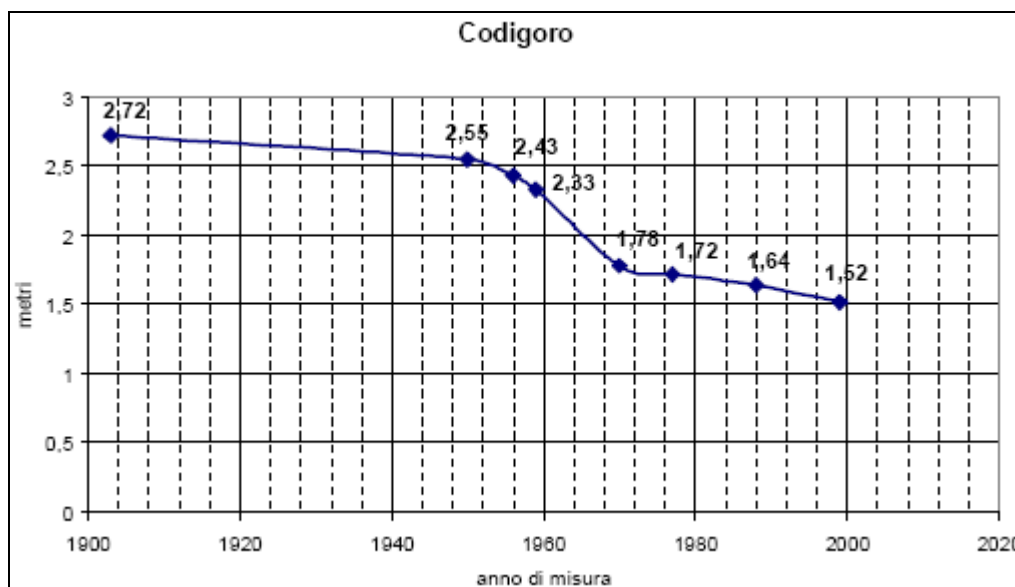
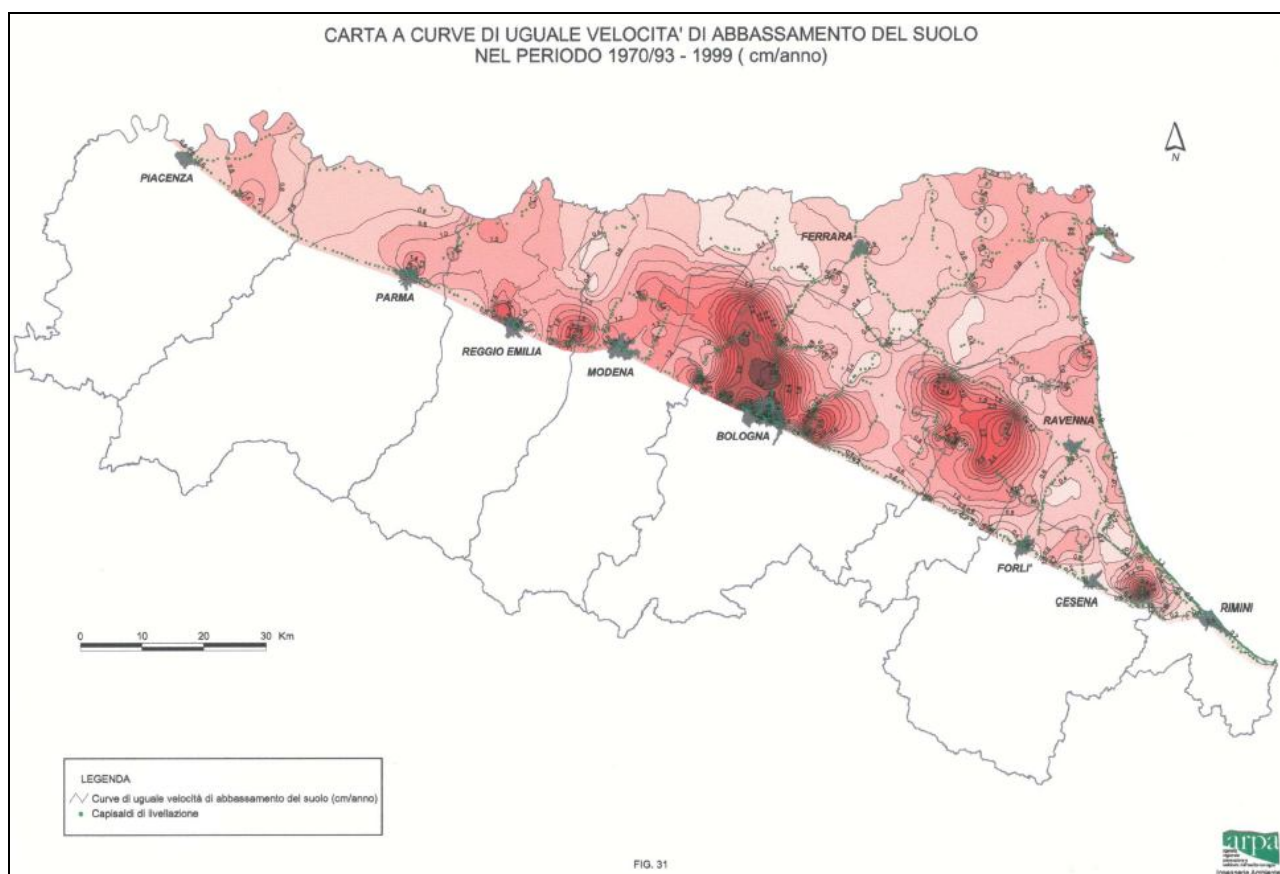


Fig. 3.1 - Diagramma di abbassamento del caposaldo di Codigoro (RER & Idroser, 1996).

Dalla carta dei processi geodinamici elaborata da ARPA e relativa al periodo 1970/1993-1999 emerge che il territorio del comune di Codigoro può essere suddiviso in tre fasce a diversa velocità di abbassamento del suolo: una prima fascia, ubicata nella parte settentrionale del comune, compresa tra gli abitati di Mezzogoro e Italba, che tende a prolungarsi centralmente verso sud fino a lambire l'abitato di Codigoro, tale fascia presenta una velocità di abbassamento del suolo compresa tra 1,0 e 1,2 cm/anno; una seconda fascia, ubicata agli estremi orientali e occidentali del comune, che comprende gli

abitati di Codigoro, Pontemaodino, **Caprile** e Pomposa, **che presenta una velocità di abbassamento del suolo compresa tra 0,8 e 1,0 cm/anno**; ed un'ultima fascia, molto ristretta, che occupa l'area posta ad est dell'abitato di Codigoro e l'ansa del Varano, che presenta una velocità di abbassamento del suolo compresa tra 0,6 e 0,8 cm/anno. A grande scala si può notare come le velocità di abbassamento del suolo tendano ad aumentare avvicinandosi verso la costa.



*Fig. 3.2 - Carta a curve di eguale velocità di abbassamento del suolo (cm/anno) nel periodo 1970/1993-1999 (ARPA).*



#### 4. IDROGEOLOGIA

L'intera Provincia di Ferrara presenta condizioni di drenaggio fortemente connesse con l'assetto altimetrico. Il territorio possiede infatti una generale pendenza da Ovest verso Est che condiziona lo stato della rete scolante.

A livello macroscopico il modello idrogeologico risulta complesso, costituito da diverse unità idrogeologiche separate da materiale impermeabile.

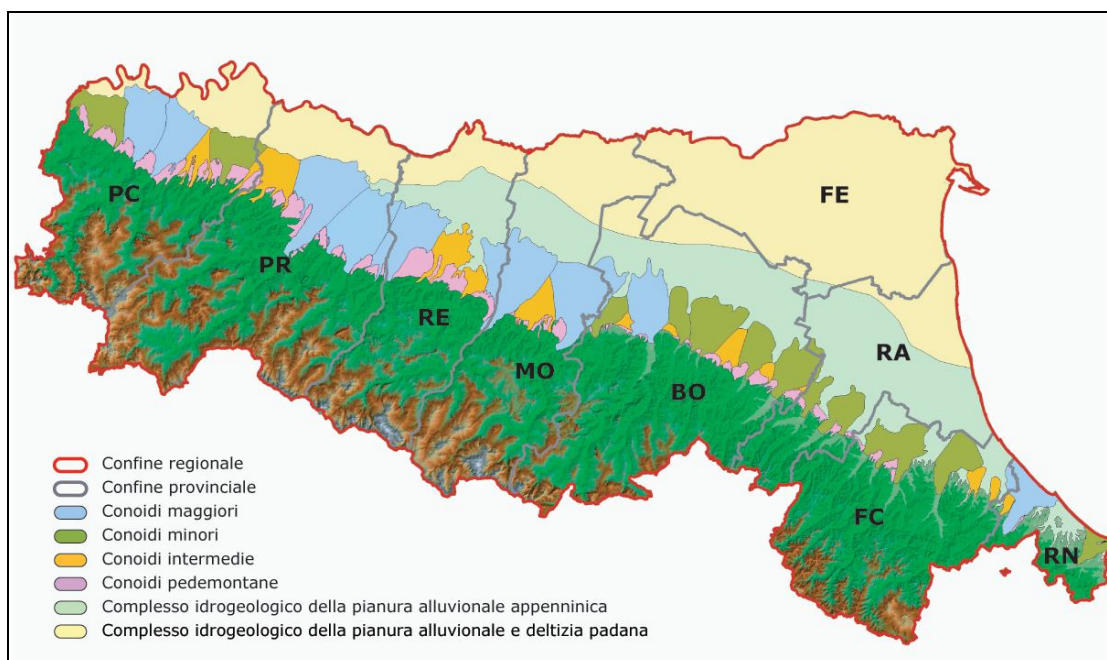
A livello regionale si rileva la presenza di n. 6 orizzonti acquiferi (partendo dal basso e procedendo verso l'alto):

- a) Orizzonte permeabile (prima falda): è al tetto delle formazioni quaternarie, sopra al substrato impermeabile Pliocenico, è formato da sabbie medio fini. Prof. tetto 200-210 m; potenza 40-110 m.;
- b) Orizzonte impermeabile: argilla molto compatta, spessore tra 10 e 30 m.;
- c) Orizzonte permeabile (seconda falda): sabbia fine media e grossolana talora con torba ciottoli e bioclasti. Prof. tetto 135-152 m.; potenza 10-30 m.;
- d) Orizzonte impermeabile: argille con spessore di 14-20 m.;
- e) Orizzonte permeabile (terza falda): sabbie medie ben classate. Prof. tetto 90-126 m; potenza 3-15 m.;
- f) Orizzonte impermeabile: alternanze di banchi di argille e limi con locali lenti sabbiose. Spessore da 7 a 13 m.;
- g) Orizzonte permeabile (quarta falda): sabbie medie e fini con locali intercalazioni argillose. Prof. tetto 55-110 m; potenza 15-25 m.;
- h) Orizzonte impermeabile: argille molto plastiche con continuità laterale. Spessore tra 15 e 30 m.;
- i) Orizzonte permeabile (quinta falda): sabbie medie e medio fini con locali intercalazioni argillose. Prof. tetto: 20-62 m; potenza 10-30 m.
- l) Orizzonte impermeabile: strati limoso argillosi con potenza accertata di oltre 30 m.;
- m) Orizzonte permeabile (sesta falda): sabbia siltosa-sabbia media, talora con ciottoli. É l'acquifero più superficiale con potenza tra 3 e 40 m. Prof. tetto 4-37 m.;
- n) Orizzonte impermeabile: litologia variabile con sedimenti a granulometria fine, prevalentemente limosi. Più localmente sono presenti lenti sabbiose, livelli di torba ed argilla, verso la base termini limosi-argillosi. Potenza variabile tra 4-40 m.;

Gli acquiferi più profondi, sono ospitati nelle formazioni consolidate pre-Plioceniche che, unitamente a quelli rinvenibili nei depositi sabbiosi Pliocenici e Pleistocenici sovrastanti, sono di ambiente lagunare e marino, con acque salmastre o salate, di scarso interesse pratico.

Nelle successioni Oloceniche, l'ambiente deposizionale è di tipo continentale e si osserva una successione di livelli a sabbia fine e grossolana, intercalati a livelli argillosi con frequenti tracce di torba.

La falda freatica, considerata per convenzione come un unico elemento, in realtà risulta costituita da un complesso sistema multifalda, a livelli anche non interconnessi.



*Fig. 4.1 - Distribuzione dei complessi idrogeologici (corpi idrici) riconosciuti nella pianura emiliano - romagnola.*

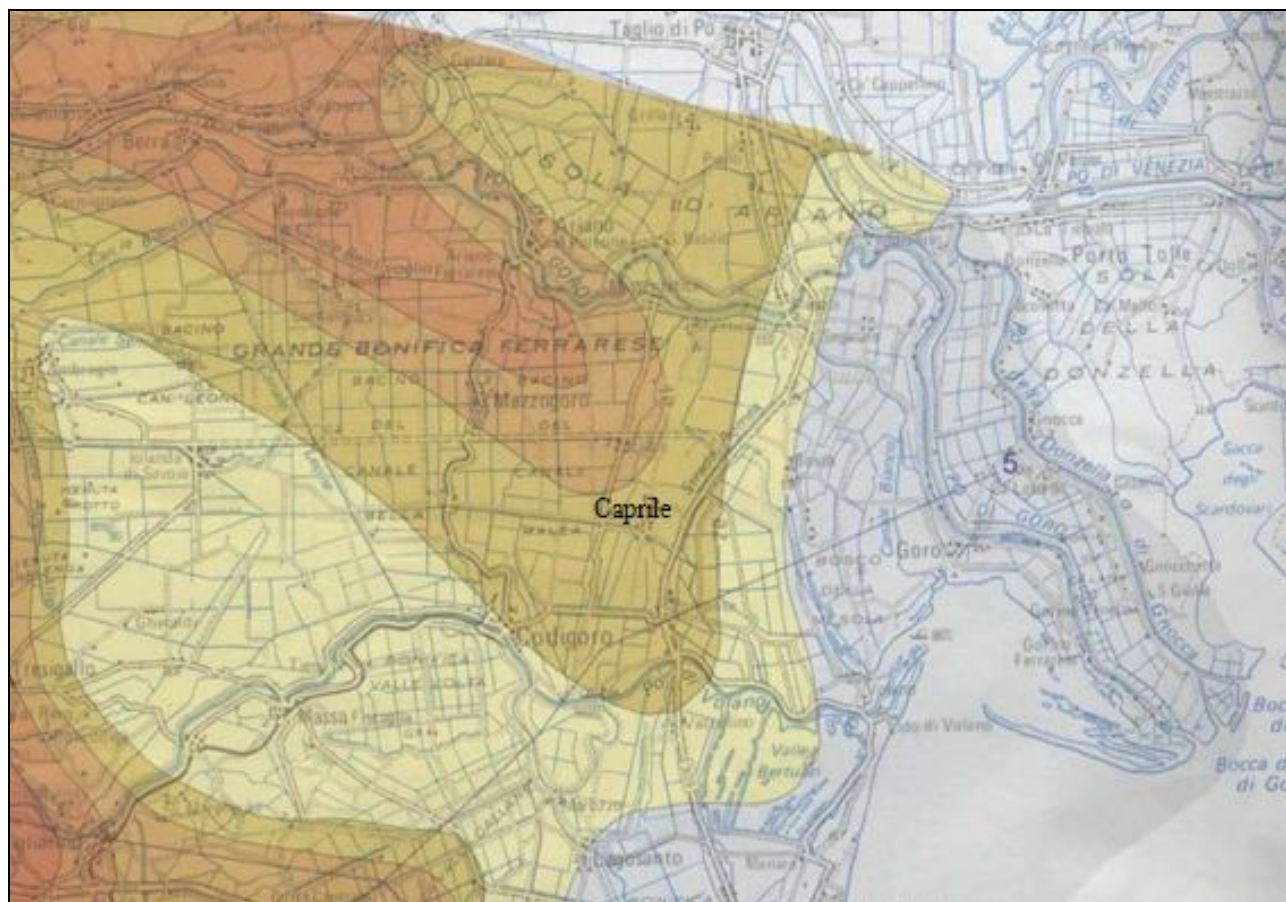
Nella figura seguente si riporta lo stralcio della tav. 1 sullo studio Riserve Idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna elaborato da ENI-Agip, nella quale vengono riportati i limiti geometrici e lo spessore totale del Gruppo Acquifero A, essa è il risultato dell'interpretazione di 30.000 km di linee sismiche e dei dati di pozzo. Le isolinee (isobate) forniscono, in ogni punto, la profondità della superficie basale del gruppo Acquifero, riferita al livello del mare. Tale mappa è fondamentale per il calcolo del volume totale del gruppo Acquifero e per stimare la profondità oltre la quale è inutile, se non addirittura dannoso, per la qualità delle acque estratte approfondire i pozzi.



*Fig. 4.2 – Profondità del limite basale dell'acquifero A*

Nella figura seguente si riporta la distribuzione dello spessore cumulativo utile e le aree di ricarica diretta (superfici retinate), del Gruppo A, le isolinee che racchiudono le varie aree forniscono, in ogni punto, lo spessore cumulativo di sabbie e ghiaie acquifere appartenenti al gruppo Acquifero, sfruttabili per scopi idropotabili, agricoli e industriali. Questa mappa serve per calcolare il volume degli acquiferi utili e le riserve permanenti del sottosuolo, e permettono di predire lo spessore degli acquiferi utili della zona di interesse. occorre precisare che in corrispondenza del territorio comunale di Codigoro è presente solamente il Gruppo Acquifero A.





*Fig. 4.3 – Spessore cumulativo dell'acquifero A*

Dalla lettura di queste carte si ricava che nel territorio comunale la profondità del limite basale assume un andamento piuttosto costante, andando da 200 metri sotto il livello del mare nell'area più centrale del comune, in particolare negli abitati di Codigoro e Mezzogoro, sviluppandosi in modo radiale e raggiungendo quote di circa 100 metri sotto il livello del mare nei territori più estremi del comune. Lo spessore dell'acquifero utile varia seguendo una direttrice che passa per i Paesi di Ambrogio – Jolanda di Savoia - Massafiscaglia, lungo questa direttrice troviamo uno spessore di circa 0 metri, ad est di questo limite (area color grigio) l'acquifero è inutilizzabile, lungo i fianchi di tale direttrice lo spessore aumenta progressivamente da sud verso nord fino ad arrivare ad uno spessore cumulativo di circa 60 m a nord di Mezzogoro.

Nell'area oggetto di studio il livello della falda, misurato rispetto al piano campagna il giorno 17 Dicembre 2010 durante l'esecuzione delle CPT, risulta essere posto come segue:

Tab. 4.1 – Livello falda (17/12/2010)	
N.° CPT	Livello statico della falda da p.c. (m)
CPT1	- 2,25
CPT2	- 2,10
CPT3	foro chiuso
CPT4	foro chiuso

## 5. METODOLOGIA D'INDAGINE DELLE PROVE IN SITU

La prova penetrometrica statica (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $V = 2 \text{ cm/sec}$ ).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo, che agisce su una batteria doppia di aste (esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato tramite manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (di tipo telescopico) é dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

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

- diametro di base del cono  $\phi = 35,7 \text{ mm}$
- area della punta conica  $A_p = 10 \text{ cmq}$
- angolo di apertura del cono  $ss = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto  $A_m = 150 \text{ cmq}$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture ai manometri, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p \text{ (kg/cmq)}$  = resistenza alla punta (conica)
- $R_l \text{ (kg/cmq)}$  = resistenza laterale (manicotto)
- $R_t \text{ (kg)}$  = resistenza totale (aste esterne)

La resistenza alla punta  $R_p$  e la resistenza laterale  $R_l$  sono rilevate ad intervalli regolari di 20 centimetri.

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto  $R_p/R_l$  fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di  $R_p$  e del rapporto  $FR = (R_l/R_p) \%$  (esperienze di Schmertmann - 1978).

## 6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO

Nell'area d'indagine (Tav. 1) sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche statiche (C.P.T.) mediante Geoprobe 7730 DT. In particolare è stata eseguita una CPT a – 30,00 metri da p.c. (CPT2) e tre CPT a - 15,00 metri da p.c. (CPT1, CPT3 e CPT4).



Dall'interpretazione dei dati relativi alle prove effettuate, risulta che la successione litostratigrafica dell'area in esame è caratterizzata da:

- **sabbia argilloso limosa** presente in tutte e 4 le prove fino ad una profondità variabile tra -3,00 m (CPT 2) e - 12,80 m da p.c. (CPT3). Nella CPT4 è presente un primo strato di limo argilloso sabbioso fino a -2,6 m da p.c.;
- **sabbia limosa** presente nella CPT2 tra -3,00 e -16,20 m da p.c. e nella CPT3 tra - 12,80 e -15,00 m da p.c.;
- **limo argilloso** ed **argilla limosa** presente nella CPT1, CPT2 e CPT4 a profondità variabile per ciascun punto di indagine (v. tabb. seguenti);
- **sabbia argilloso limosa** fino alla massima profondità indagata.

In particolare, nella tabella seguente vengono riportate per le indagini effettuate la descrizione delle caratteristiche litologiche ed il valore medio di alcuni parametri geotecnici, di validità orientativa, individuati attraverso correlazioni e bibliografia.

In particolare i parametri geotecnici riportati sono:

- **R<sub>p</sub>**: resistenza alla punta (kg/cm<sup>2</sup>),
- **R<sub>p</sub>/R<sub>l</sub>**: rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro,
- **Y'**: Peso di Volume (t/m<sup>3</sup>);
- **Dr**: Densità relativa (%);
- **φ**: Angolo d'attrito interno (°);
- **Cu**: Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>);
- **Mo**: Modulo di deformazione edometrico (kg/cm<sup>2</sup>).

 	<p align="center"><b>RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA E SISMICA</b></p> <p align="center"><u>Committente:</u> S.I.PRO. S.p.A.</p> <p align="center"><u>Località:</u> Caprile - Comune di Codigoro (Fe)</p>
---	---

### **PROVA PENETROMETRICA N. 1**

Tab. 6.1 - Prova penetrometrica CPT1 – 15 m									
N. banco	Litologia	Natura del terreno	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI	Y' (t/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	φ (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	Da –0,20 a –12,60 metri dal p.c.								
	Sabbia argilloso limosa	granulare	110,8	43,3	1,17	79	41	/	/
2	Da –12,60 a –14,00 metri dal p.c.								
	Argilla limosa	coesivo	23,4	12,5	0,94	/	/	0,83	69
3	Da –14,00 a –15,00 metri dal p.c.								
	Sabbia limosa	granulare	124,0	58,1	1,04	67	39	/	/

### **PROVA PENETROMETRICA N. 2**

Tab. 6.2 - Prova penetrometrica CPT2 – 30 m									
N. banco	Litologia	Natura del terreno	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI	Y' (t/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	φ (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	Da –0,60 a –3,00 metri dal p.c.								
	Sabbia argilloso limosa	granulare	46,8	38,3	1,48	72	40	/	/
2	Da –3,00 a –16,20 metri dal p.c.								
	Sabbia limosa	granulare	106,2	48,2	1,02	69	40	/	/
3	Da –16,20 a –29,20 metri dal p.c.								
	Argilla limosa	coesivo	20,2	23,1	0,93	/	/	0,72	56
4	Da –29,20 a –30,00 metri dal p.c.								
	Sabbia argilloso limosa	granulare	101,0	39,3	1,00	43	36	/	/

### **PROVA PENETROMETRICA N. 3**

Tab. 6.3 - Prova penetrometrica CPT3 – 15 m									
N. banco	Litologia	Natura del terreno	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI	Y' (t/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	φ (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	Da –0,60 a –12,80 metri dal p.c.								
	Sabbia argilloso limosa	granulare	61,5	40,2	1,85	57	38	/	/
2	Da –12,80 a –15,00 metri dal p.c.								
	Sabbia limosa	granulare	108,7	43,5	1,85	51	37	/	/



## PROVA PENETROMETRICA N. 4

Tab. 6.4 - Prova penetrometrica CPT4 – 15 m									
N. banco	Litologia	Natura del terreno	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI	Y' (t/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	φ (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	Da -0,40 a -2,60 metri dal p.c.								
	Limo argilloso sabbioso	coesivo	49,3	28,6	1,85	/	/	0,88	76
2	Da -2,60 a -10,20 metri dal p.c.								
	Sabbia argilloso limosa	granulare	140,7	41,8	1,85	80	41	/	/
3	Da -10,20 a -12,80 metri dal p.c.								
	Limo argilloso sabbioso	coesivo	34,8	33,5	1,85	/	/	0,63	50
4	Da -12,80 a -15,00 metri dal p.c.								
	Sabbia limosa	granulare	104,5	51,0	1,85	49	37	/	/

## 7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

L'ordinanza 3274 del 20/03/03 emanata dal Presidente del Consiglio di ministri, ripresa e modificata dall'OPCM 3431 del 03/05/05, nell'Allegato 4 indica le Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni. Al paragrafo 2.3 indica che nel caso di edifici con fondazioni superficiali, la verifica di suscettibilità a liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità maggiore di 15 metri dal piano di campagna.

L'ordinanza peraltro indica che può essere trascurato il pericolo di liquefazione quando  $S_{a_g} < 0,15 \text{ g}$  e, al contempo, la sabbia in esame soddisfi almeno una delle condizioni seguenti:

- Contenuto in argilla superiore al 20% ed indice di plasticità  $> 10$ ;
- Contenuto di limo superiore al 35% e resistenza  $N1 (60) > 20$ ;
- Frazione fine trascurabile e resistenza  $N1 (60) > 25$ ;

dove  $N1 (60)$  è il valore della resistenza penetrometrica  $N_{spt}$  misurato nella Standard Penetration Test, normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100kPa e ad un fattore di rendimento energetico 0,6 nell'esecuzione della prova.

Ai fini dell'applicazione delle norme contenute nell' Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g = \text{accelerazione orizzontale massima}$  su suolo di categoria A. I valori di  $a_g$ , espressi come valore dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di $a_g$
1	0,30 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del **suolo di fondazione** :

**Categoria A:** Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, caratterizzati da valori  $V_{S30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 metri;

**Categoria B:** Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa;

**Categoria C:** Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori  $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa);

**Categoria D:** Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori  $V_{S30} < 180$  m/s ( $N_{spt} < 15$ ,  $c_u < 70$  kPa);

**Categoria E:** Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di  $V_{S30}$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con  $V_{S30} > 800$  m/s;

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due:

**Categoria S1:** Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 metri di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di  $V_{S30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa);

**Categoria S2:** Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Considerando le caratteristiche litostratigrafiche dell'area, per la zona in esame si possono fare le seguenti considerazioni:

<b>Zona sismica di appartenenza:</b>	<b>3</b>
<b>Valore di accelerazione orizz. max <math>a_g</math>:</b>	<b>0,15 g</b>

### **Vs 30 media**

Per la determinazione del valore della velocità della Vs, è stata utilizzata la CPT2, spinta sino a – 30 metri dal p.c.

Nel caso specifico è risultato:  **$V_{s30} = 220,44 \text{ m/s}$** .

Quindi **Categoria C**: Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$ ).

### **Le onde Vs**

Il programma *Fondazio* permette di calcolare Vs ovvero la velocità media di propagazione entro 20 metri di profondità delle onde di taglio secondo quattro Autori:

- Yoshida Motonori (1988)
- Burrow Stokoe (1983)
- Sycora Stokoe (1983)
- Lyisan (1996)

*Si ritiene che per i terreni oggetto di verifica i metodi di calcolo proposti da Lyisan siano quelli che offrono maggiore attendibilità di risultato; pertanto per il calcolo della Vs (dati riportati nella settima colonna della quarta tabella di elaborazione dei risultati delle CPT eseguite, denominata "Parametri geotecnici") si è utilizzata la seguente espressione:*

$$V_s = 55,3 q_c^{0,377} \quad (\text{Lyisan 1996})$$

il dato viene fornito relativamente ad ogni singola lettura della prova CPT ( $h = 0,20 \text{ m}$ ).

### **La liquefazione**

Secondo la definizione data nell'Eurocodice 8, *la liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.*

Nel contesto considerato, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie

ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

*In altre parole è necessario valutare il potenziale di liquefazione del terreno ove deve essere realizzata la costruzione.*

Le ricerche che hanno portato all'evoluzione delle conoscenze dei parametri più significativi ed alla formulazione di metodi empirici e di analisi dinamica, hanno preso avvio a partire dai terremoti di Niigata dell'Alaska (1964).

Sono emersi così i primi criteri empirici di previsione, basati sulle caratteristiche granulometriche e sullo stato di addensamento; a tali criteri hanno fatto seguito metodi più raffinati e complessi capaci di tenere conto di un numero di parametri sempre più elevato.

Il quadro dei metodi oggi disponibili è quanto mai vario e va da criteri basati su soli dati geologici qualitativi (età del deposito, origine, stratigrafia, profondità della falda, ecc.) a metodi di analisi dinamica molto sofisticati, basati sulla valutazione della pressione effettiva della risposta sismica locale e su prove di laboratorio molto sofisticate e complesse. Questi metodi si basano sul confronto fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto, ovvero fra gli strati tensionali che producono liquefazione o livelli di deformazione critici e quelli indotti dalle onde sismiche nella loro propagazione.

A tal fine richiedono la precisazione di parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, valutati questi ultimi o con prove dinamiche di laboratorio o con prove in situ.

La loro applicazione richiede quindi:

- *la valutazione della resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclici in condizioni non drenate, mediante correlazioni basate su prove in situ ed in laboratorio;*
- *calcolo delle sollecitazioni di taglio indotte.*

Essi sono basati su concetti di rapporto tensionale ciclico (CSR), che esprime il carico sismico, e di rapporto di resistenza ciclica (CRR), che esprime la capacità del terreno di resistere alla liquefazione.

*Ove si usi il metodo delle correlazioni di campagna, un terreno deve essere considerato suscettibile alla liquefazione allorchè lo sforzo di taglio generato dal terremoto ad una data*

profondità, supera l' 80% dello sforzo critico che ha provocato la liquefazione alla medesima profondità durante terremoti passati; il livello di sforzo di taglio pari all' 80% implica un fattore di sicurezza pari a 1,25.

I terreni sono pertanto da considerarsi liquefacibili nel caso il rapporto tra CSR e CRR sia < 1,25.

### **Metodo di Seed-Idriss**

Tra i metodi semplificati il più noto è quello di Seed e Idriss (1982), basato su una procedura semi-empirica: esso è di facile applicazione e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: *granulometria, numero dei colpi della prova standard SPT, densità relativa, peso di volume*.

Esso prevede un confronto tra le caratteristiche meccaniche dei terreni (valutata prevalentemente sui risultati di prove in sito, quali la prova penetrometrica dinamica SPT, la prova penetrometrica statica CPT, la misura della velocità delle onde di taglio Vs) con l'eventuale occorrenza nel medesimo sito del fenomeno della liquefazione, a seguito di una sollecitazione sismica (stimata attraverso la massima accelerazione attesa in superficie).

Per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR il metodo prevede l'utilizzo di un abaco nel quale in ordinata è riportato il rapporto tensionale ciclico CSR (carico sismico) ed in ascissa la resistenza del terreno, stimata mediante una delle prove in sito, tipicamente la prova SPT.

Il rapporto tensionale ciclico è definito dalla relazione:

$$CSR = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d$$

nella quale:

**a max** = accelerazione di picco al piano di campagna

**g** = accelerazione di gravità

**σ v** = tensione totale verticale nel sottosuolo

$\sigma' v$  = tensione efficace verticale nel sottosuolo

$rd$  = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità di interesse per tenere in conto la deformabilità del sottosuolo.

Nell'ipotesi di propagazione verticale di onde sismiche di taglio la colonna di terreno di altezza  $z$  si muove rigidamente in direzione orizzontale. Poiché in realtà la colonna di terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido. Seed ed Idriss hanno fornito a tal proposito i valori del coefficiente " $rd$ " in funzione della profondità, in forma grafica.

Le curve limite, per diversi valori della magnitudo  $M$ , separano i punti rappresentativi di eventi studiati per i quali si è osservato il fenomeno della liquefazione (sopra le curve limite) da quelli dove la liquefazione non è avvenuta (sotto le curve limite).

Le curve limite rappresentano allora il luogo dei minimi rapporti tensionali ciclici CSR necessari affinché uno strato di terreno vada soggetto a liquefazione: esse rappresentano quindi il luogo dei valori corrispondenti alla resistenza ciclica CRR.

Benché utili per valutazioni di massima, i metodi semplificati offrono indicazioni molto approssimate sulla resistenza dei terreni alla liquefazione. La scoperta dell'incidenza sulla resistenza alla liquefazione dei metodi di ricostituzione dei provini, della loro dimensione e di altri effetti secondari, sta portando però sempre più a privilegiare metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. Tali metodi fanno riferimento agli stati limite ultimi prescindendo dalle deformazioni e sono impiegati generalmente per la progettazione di opere di media importanza.

Il loro impiego si giustifica quindi per la loro facilità di applicazione, ovvero negli ambiti nei quali non sia richiesta una previsione particolarmente accurata.

## 8. STIMA DELLA RESISTENZA DEL SISTEMA GEOTECNICO

Oggetto della presente relazione è la verifica della resistenza del sistema geotecnico in rapporto alla **realizzazione di due cabine** (di consegna e di conversione) a servizio dell'impianto fotovoltaico in progetto.

**Si sottolinea che la verifica del sistema geotecnico in rapporto alla realizzazione dei pannelli fotovoltaici sul corpo di discarica non è stata effettuata in quanto l'incremento di peso risulta trascurabile rispetto al peso totale della discarica stessa.**

### 8.1. Premessa

Nel presente punto è stata effettuata una stima della resistenza del sistema geotecnico in base alle disposizioni del **D.M. 14 gennaio 2008**, noto come "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e/o anche con l'acronimo NTC 2008.

La normativa in questione disciplina la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni al fine di garantire prestabiliti livelli di sicurezza nei riguardi della pubblica incolumità. La sicurezza e le prestazioni di una struttura vanno valutate in relazione all'insieme degli "stati limite" che si possono verificare durante la vita utile del progetto.

Il punto p. 6.2.3 del D.M. 14/01/08 stabilisce che per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

**$E_d$  = valore di progetto o dell'effetto dell'azione;**

**$R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.**

Lo stesso punto dispone che:

*"La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni ( $A_1$  e  $A_2$ ), per i parametri geotecnici ( $M_1$  e  $M_2$ ) e per le resistenze ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ )".*

In pratica nelle diverse condizioni di carico si deve tener conto di opportuni gruppi di coefficienti che variano a base alle diverse combinazioni.



Nel presente capitolo si fornisce una stima del valore  $R_d$  che caratterizza la resistenza del sistema geotecnico. Le elaborazioni sono state fatte tenendo presente i principi e le disposizioni della citata normativa.

## 8.2. Parametri e coefficienti sismici determinati in base al D.M. 14/01/08

In base alle norme tecniche per le costruzioni, contenute nel D.M. 14/01/08, si devono definire i parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

Lo "stato limite" è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

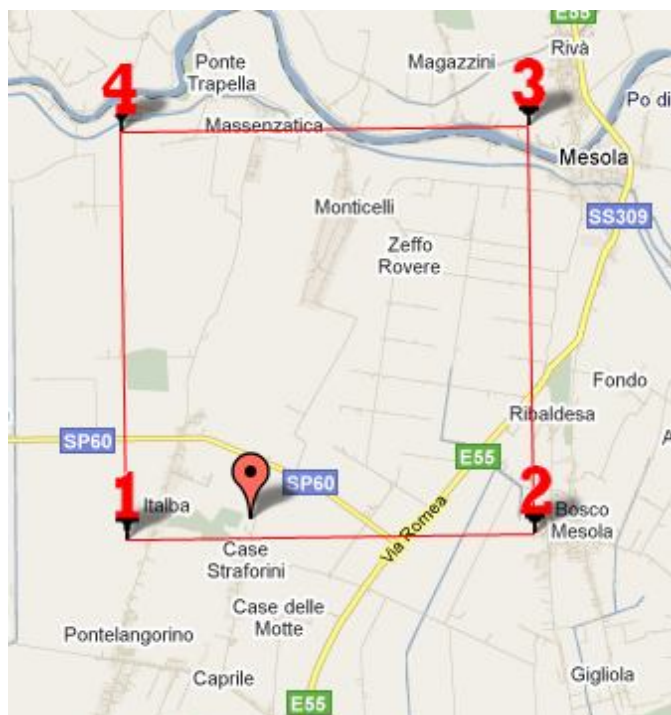
I coefficienti sismici, determinati in base alla posizione geografica del sito (latitudine e longitudine), sono funzione di parametri caratteristici definiti dalla normativa; nella seguente tabella sono elencati i valori per il caso in esame.

Tab. 8.1 - Parametri per la determinazione dei coefficienti sismici.			
Parametro	Valore	Riferimento D.M. 14/01/08	Osservazioni / Considerazioni
$V_N$ Vita nominale	50 anni	<b>Tabella 2.4.I</b> <i>"Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"</i>	La vita nominale ( $V_N$ ) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.
Classe d'uso	Classe II	<b>Punto 2.4.2</b>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente.
$C_U$ Coefficiente d'uso	1,0	<b>Tabella 2.4.II</b> per la Classe II	Il valore del coefficiente d'uso $C_U$ è definito, al variare della classe d'uso.

Tab. 8.1 - Parametri per la determinazione dei coefficienti sismici.			
Parametro	Valore	Riferimento D.M. 14/01/08	Osservazioni / Considerazioni
<b>V<sub>R</sub></b> Periodo di riferimento per l'azione sismica	<b>50 anni</b>	<b>Punto 2.4.3</b>	Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V <sub>R</sub> che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N <sub>V</sub> per il coefficiente d'uso C <sub>U</sub> :  <b><math>V_R = V_N \times C_U</math></b>
<b>Categoria del sottosuolo</b>	<b>Categoria C</b>	<b>Tabella 3.2.II</b>	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori V <sub>S30</sub> compresi tra 180 e 360 m/s (15 < N <sub>spt</sub> < 50, 70 < c <sub>u</sub> < 250 kPa).
<b>Categoria topografica</b>	<b>Categoria T1</b>	<b>Tabella 3.2.IV</b> <i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°</i>	È funzione delle caratteristiche della superficie topografica; per il caso in esame trattasi di superficie pianeggiante.

Al fine di determinare i parametri e coefficienti sismici, di seguito elencati, è stato utilizzato un software dedicato distribuito da Geostru Software ([http://www.geostru.com/geoapp/Parametri\\_Sismici.aspx](http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx)) utilizzando come dati di input i dati della tabella precedente.

Ubicazione: Caprile – Comune di Codigoro (Fe)



Determinazione dei parametri sismici

(1)\* Coordinate WGS84  
Lat. 44.879106 ° Long. 12.170619 °

(1)\* Coordinate ED50  
Lat. 44,880028 ° Long. 12,171599 °

Classe dell'edificio  
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche ▾ Cu = 1

Vita nominale  
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100) 50 ▾

Calcola

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub>	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,029	2,500	0,218
Danno (SLD)	50	0,035	2,535	0,264
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,067	2,742	0,348
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,083	2,752	0,363
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

I valori Tr, a<sub>g</sub>, Tc\* sono contenuti nell'Allegato B del D.M. 14/01/08, e si ricavano in base alla alla posizione del sito (latitudine e longitudine).

## Calcolo dei coefficienti sismici

☐ Muri di sostegno ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) 1

us (m) 0.1

Categoria sottosuolo C ▾

Categoria topografica T1 ▾

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *	1,50	1,50	1,50	1,50
Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
Cc *	1,73	1,63	1,49	1,47
Coeff. funz categoria	1,73	1,63	1,49	1,47
St *	1,00	1,00	1,00	1,00
Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,010	0,020	0,025
kv	0,004	0,005	0,010	0,012
Amax [m/s²]	0,426	0,511	0,988	1,222
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Calcola

\* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati

\* I coefficienti **Ss**, **Cc**, e **St** sono determinati con riferimento al punto 3.2.3.2 ("VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA") del D.M. 14/01/08; nel prospetto sono riportati gli estremi superiori del range di variabilità.

I coefficienti sismici **Kh**, **Kv**, **Amax** e **Beta** sono funzione dell'opera:

- Opere di sostegno punto 7.11.6 del D.M.
- Stabilità dei pendii e fondazioni punto 7.11.3.5 del D.M.
- Paratie punto 7.11.6.3 del D.M.

### **8.3. Resistenza del sistema geotecnico (capacità portante ultima)**

La resistenza del sistema geotecnico è identificata nel parametro  $R_d$  ; essa è stata determinata con i metodi della geotecnica che fanno riferimento al carico ultimo (carico che produce la rottura del complesso fondazione–terreno) tenendo conto delle disposizioni del D.M. 14/01/08 che al punto 7.11.5.3.1 recita:

*“Le resistenze sono i corrispondenti valori limite che producono il collasso del complesso fondazione terreno; esse sono valutabili mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica tenendo anche conto dell'effetto dell'inclinazione e dell'eccentricità delle azioni in fondazione.”*

La resistenza del sistema geotecnico è stata determinata:

- tenendo conto dell'azione sismica;
- utilizzando la **formula di VESIC, considerando le condizioni “non drenate” (condizioni più gravose)**, data la natura argillosa dei suoli di fondazione.

#### **Caratteristiche fondazione:**

Viene esaminata la seguente tipologia di fondazione superficiale: **Platea**. In particolare vista la presenza di due cabine verranno valutate separatamente due platee a diversa dimensione:

##### **1. Cabina di consegna:**

- Lunghezza  $L = 7,82 \text{ m}$
- Larghezza  $B = 2,46 \text{ m}$
- Quota di posa dal p.c.  $D = - 0,60 \text{ m}$

##### **2. Cabina di conversione:**

- Lunghezza  $L = 5,46 \text{ m}$
- Larghezza  $B = 2,50 \text{ m}$
- Quota di posa dal p.c.  $D = - 0,60 \text{ m}$

#### 8.4. Valutazione dell'effetto del sisma

L'azione del sisma in fondazione è stata valutata mediante il metodo pseudostatico indicato nel punto 7.11.6.2.1 del D.M. 14/01/08.

Nell'analisi pseudostatica l'azione del sisma è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. L'introduzione di una forza orizzontale determina un'inclinazione della forza risultante agente in fondazione, e l'incidenza sul carico ultimo si esplica tramite un fattore di inclinazione del carico.

Il valore della forza orizzontale, che tiene conto delle inerzie dei carichi gravanti sulla fondazione, può essere determinato tramite la formula:

$$F_h = K_h \cdot W$$

dove:

- $K_h$  = coefficiente sismico orizzontale;
- $W$  = peso dei carichi verticali (peso della struttura).

Il coefficiente sismico  $K_h$  può essere valutato mediante l'espressione (punto 7.11.6.2.1 del D.M. 14/01/08):

$$K_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

dove:

- $a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito; il suo valore è riportato nell'Allegato B del D.M. 14/01/08 in funzione della posizione geografica del sito e del periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ ;
- $\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; i valori sono funzione della categoria del sottosuolo e sono riportati nella Tabella 7.11.II del D.M. 14/01/08.

I valori dei parametri in questione sono stati determinati al punto precedente.

Considerando lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC), che rappresenta la condizione più gravosa risulta:

$$K_h = 0,025$$

Il punto 3.2.1 del D.M. 14/01/08 definisce:

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

Il peso dei carichi verticali  $W$  in questa fase viene considerato come un parametro di calcolo stimato in base ad un carico uniforme distribuito sul suolo di fondazione (che è funzione delle strutture in progetto) e all'area della fondazione ipotizzata.

$$W = \sigma_{\text{agente}} \cdot A_{\text{fondazione}}$$

#### **Valutazione della $F_h$ agente sulle fondazioni:**

1. **Cabina di consegna:** il carico agente è stato ipotizzato pari a  $\sigma_{\text{agente}} = 0,60 \text{ Kg/cm}^2$  pertanto si valuta:  
**Platea:**  $W = 0,60 \cdot 782 \cdot 246 = 115.423 \text{ Kg}$  quindi  $F_h = K_h \cdot W = 2.886 \text{ Kg}$
2. **Cabina di conversione:** il carico agente è stato ipotizzato pari a  $\sigma_{\text{agente}} = 0,60 \text{ Kg/cm}^2$  pertanto si valuta:  
**Platea:**  $W = 0,60 \cdot 546 \cdot 250 = 81.900 \text{ Kg}$  quindi  $F_h = K_h \cdot W = 2.048 \text{ Kg}$

#### **8.5. Determinazione del carico ultimo $Q_{ult}$**

Secondo le definizioni classiche della geotecnica il carico ultimo  $Q_{ult}$  (definito anche carico limite  $Q_{lim}$ ) è quel carico che, applicato all'opera di fondazione, produce la rottura del complesso terreno-opera di fondazione. Per la sua determinazione esistono in letteratura varie formule che tengono conto delle caratteristiche della fondazione, delle caratteristiche dei carichi e dalle caratteristiche dei terreni.

Nel caso in esame la stima del valore di  $Q_{ult}$  è stata condotta utilizzando la **formula di VESIC considerando le condizioni “non drenate” (condizioni più gravose)**, data la natura argillosa dei suoli di fondazione e l'effetto del sisma.



$$Q_{ult} = 5,14 \cdot C_u \cdot sc \cdot dc \cdot ic \cdot gc \cdot bc + q$$

dove

- $C_u$  = coesione non drenata;
- $sc = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L}$       coefficiente di forma della fondazione;
- $dc = 1 + 0,4 \cdot \frac{D}{L}$       coefficiente di profondità del piano di fondazione;
- $ic = 1 - \frac{m \cdot F_h}{B \cdot L \cdot C_u \cdot N_c}$       coefficiente di inclinazione del carico       $\left( m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} \right)$  e  
 $F_h$  = forza orizzontale       $N_c = 5,14$  ( $\varphi = 0$ );
- $gc = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2}$       coefficiente di inclinazione piano campagna ( $\omega$  = inclinazione del piano campagna);
- $bc = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2}$       coefficiente di inclinazione piano di posa ( $\alpha$  = inclinazione del piano di posa);
- $q = \gamma_t \cdot D$       sovraccarico totale agente ai bordi della fondazione ( $\gamma_t$  = peso unità di volume del terreno sopra la fondazione)

Tenendo presente quanto sopra esposto i parametri caratteristici, necessari per la stima del carico limite dei terreni di fondazione, sono riassunti nelle seguenti tabelle.

<b>PLATEA DI FONDAZIONE - <u>CABINA DI CONSEGNA</u></b>			
<b>Valori dei parametri per la determinazione resistenza del sistema geotecnico</b>			
Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura
Lunghezza della fondazione	$L$	7,82	m
Larghezza della fondazione	$B$	2,46	m
Profondità della fondazione dal piano campagna	$D$	0,60	m
Carichi verticali (peso delle strutture sovrastanti)	$W$	115.423	kg
Fattore per la stima della forza orizzontale (forza sismica)	$K_h$	0,025	--
Forza orizzontale (forza sismica)	$F_h$	2.886	Kg
Peso unità di volume del terreno sopra la fondazione	$\gamma_t$	1.200	Kg/m <sup>3</sup>
Coesione non drenata	$C_u$	0,63	Kg/cm <sup>2</sup>
Fattore di capacità portante (con $\varphi = 0$ – angolo di attrito)	$N_c$	5,14	--
Inclinazione del piano campagna	$\omega$	0	° (grad)

**PLATEA DI FONDAZIONE - CABINA DI CONSEGNA**

Valori dei parametri per la determinazione resistenza del sistema geotecnico			
Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura
Inclinazione del piano di posa	$\alpha$	0	° (grad)
Coefficiente di forma della fondazione	$sc$	1,06	--
Coefficiente di profondità del piano di fondazione	$dc$	1,05	--
Coefficiente di inclinazione del carico ( $m=1,76$ e $Nc=5,14$ )	$ic$	0,99	--
Coefficiente di inclinazione piano campagna	$gc$	1,00	--
Coefficiente di inclinazione piano di posa	$bc$	1,00	--
Sovraccarico totale agente ai bordi della fondazione	$q$	0,12	Kg/cm <sup>2</sup>
$Q_{ult} = 5,14 \cdot C_u \cdot sc \cdot dc \cdot ic \cdot gc \cdot bc + q$		<b>3,71</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>

**PLATEA DI FONDAZIONE - CABINA DI CONVERSIONE**

Valori dei parametri per la determinazione resistenza del sistema geotecnico			
Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura
Lunghezza della fondazione	$L$	5,46	m
Larghezza della fondazione	$B$	2,50	m
Profondità della fondazione dal piano campagna	$D$	0,60	m
Carichi verticali (peso delle strutture sovrastanti)	$W$	81.900	kg
Fattore per la stima della forza orizzontale (forza sismica)	$K_h$	0,025	--
Forza orizzontale (forza sismica)	$F_h$	2.048	Kg
Peso unità di volume del terreno sopra la fondazione	$\gamma_t$	1.200	Kg/m <sup>3</sup>
Coesione non drenata	$C_u$	0,63	Kg/cm <sup>2</sup>
Fattore di capacità portante (con $\varphi = 0$ – angolo di attrito)	$Nc$	5,14	--
Inclinazione del piano campagna	$\omega$	0	° (grad)
Inclinazione del piano di posa	$\alpha$	0	° (grad)
Coefficiente di forma della fondazione	$sc$	1,09	--
Coefficiente di profondità del piano di fondazione	$dc$	1,06	--
Coefficiente di inclinazione del carico ( $m=1,69$ e $Nc=5,14$ )	$ic$	0,99	--
Coefficiente di inclinazione piano campagna	$gc$	1,00	--
Coefficiente di inclinazione piano di posa	$bc$	1,00	--
Sovraccarico totale agente ai bordi della fondazione	$q$	0,10	Kg/cm <sup>2</sup>
$Q_{ult} = 5,14 \cdot C_u \cdot sc \cdot dc \cdot ic \cdot gc \cdot bc + q$		<b>3,81</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>



## 8.6. Determinazione della resistenza del sistema geotecnico

Nel presente paragrafo si fornisce una stima del valore del parametro  $R_d$  preso a riferimento nelle verifiche agli stati limite.

Il punto 6.4.2.1 del D.M. 14/01/08 definisce le modalità delle verifiche agli stati limite ultimi (SLU) e prescrive che le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)
- SLU di tipo geotecnico (GEO)

indicando due approcci con le relative combinazioni dei carichi e delle resistenze, e quindi dei vari così detti “coefficienti parziali” da adottare per ciascuna verifica.

In questo paragrafo vengono forniti i valori della **resistenza del sistema geotecnico  $R_d$**  da utilizzare nella verifica della stabilità globale per le seguenti situazioni:

- “Approccio 1 / Combinazione 1 – (STR)”;
- “Approccio 1 / Combinazione 2 – (GEO)”;
- “Approccio 2”;

di seguito si riportano le elaborazioni svolte per le diverse platee di fondazione:

1. per la **CABINA DI CONSEGNA** (v. tabb. 8.2 ÷ 8.4);

<b>Tab. 8.2 - Platea di fondazione – APPROCCIO 1 / COMBINAZIONE 1 – STR</b>				
<b>Combinazione</b>	<b>Azioni (A1)</b>	<b>Parametri (M1)</b>	<b>Resistenze (R1-capacità portante)</b>	<b>Valore <math>R_d</math></b>
A1 + M1 + R1	Amplificate secondo la Tab. 6.2.I $G \times 1,3 + Q \times 1,5$	Secondo la Tab. 6.2.II $\gamma_{cu} = 1,0$	Secondo la Tab. 6.4.I $\gamma_R = 1,0$	<b>3,71 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Verifica:</b> $G \times 1,3 + Q \times 1,5 \leq R_d = 3,71 \text{ Kg/cm}^2$				
<b>Considerazioni / Elaborazioni:</b> In questa combinazione sia coefficienti per i parametri sia i coefficienti per le resistenze sono pari a 1,0 per cui per tale condizione risulta: $Q_{ult} = R_d$				

**Tab. 8.3 - Platea di fondazione – APPROCCIO 1 / COMBINAZIONE 2 – GEO**

Combinazione	Azioni (A2)	Parametri (M2)	Resistenze (R2-capacità portante)	Valore $R_d$
A2 + M2 + R2	Amplificate secondo la Tab. 6.2.I $G \times 1,0 + Q \times 1,3$	Secondo la Tab. 6.2.II $\gamma_{cu} = 1,4$	Secondo la Tab. 6.4.I $\gamma_R = 1,8$	1,49 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Verifica:</b> $G \times 1,0 + Q \times 1,3 \leq R_d = 1,49 \text{ Kg/cm}^2$				
<b>Considerazioni / Elaborazioni:</b> In questa combinazione i valori dei parametri geotecnici devono essere divisi per il coefficiente $\gamma_{cu} = 1,4$ per cui il valore della coesione non drenata $C_u$ risulta pari a: $C_u / 1,4 = 0,63 / 1,4 = 0,45 \text{ Kg/cm}^2$ Si determina quindi il nuovo $R = Q_{ult}$ con il nuovo valore di $C_u$ (i fattori di capacità portante ed il valore di q rimangono invariati) $R = Q_{ult} = 5,14 \times 0,45 \times 1,06 \times 1,05 \times 0,99 \times 1,00 \times 1,00 + 0,12 = 2,68 \text{ Kg/cm}^2$ il valore della resistenza così trovato va diviso per il coefficiente riduttivo $\gamma_R = 1,8$ per cui: $R_d = R / \gamma_R = 2,68 / 1,8 = 1,49 \text{ Kg/cm}^2$				

**Tab. 8.4 - Platea di fondazione – APPROCCIO 2 (in alternativa all'Approccio 1)**

Combinazione	Azioni (A1)	Parametri (M1)	Resistenze (R3-capacità portante)	Valore $R_d$
A1 + M1 + R3	Amplificate secondo la Tab. 6.2.I $G \times 1,3 + Q \times 1,5$	Secondo la Tab. 6.2.II $\gamma_{cu} = 1,0$	Secondo la Tab. 6.4.I $\gamma_R = 2,3$	1,61 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Verifica:</b> $G \times 1,3 + Q \times 1,5 \leq R_d = 1,61 \text{ Kg/cm}^2$				
<b>Considerazioni / Elaborazioni:</b> In questa combinazione i valori dei parametri geotecnici sono pari a 1 ( $\gamma_{cu} = 1,0$ ) per cui il valore della resistenza R risulta: $R = Q_{ult} = 3,71 \text{ Kg/cm}^2$ il valore della resistenza va diviso per il coefficiente riduttivo $\gamma_R = 2,3$ per cui: $R_d = R / \gamma_R = 3,71 / 2,3 = 1,61 \text{ Kg/cm}^2$				

**2. per la CABINA DI CONVERSIONE (v. tabb. 8.5 ÷ 8.7);**

<b>Tab. 8.5 - Platea di fondazione – APPROCCIO 1 / COMBINAZIONE 1 – STR</b>				
Combinazione	Azioni (A1)	Parametri (M1)	Resistenze (R1-capacità portante)	Valore $R_d$
A1 + M1 + R1	Amplificate secondo la Tab. 6.2.I $G \times 1,3 + Q \times 1,5$	Secondo la Tab. 6.2.II $\gamma_{cu} = 1,0$	Secondo la Tab. 6.4.I $\gamma_R = 1,0$	3,81 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Verifica:</b> $G \times 1,3 + Q \times 1,5 \leq R_d = 3,81 \text{ Kg/cm}^2$				
<b>Considerazioni / Elaborazioni:</b> In questa combinazione sia coefficienti per i parametri sia i coefficienti per le resistenze sono pari a 1,0 per cui per tale condizione risulta: $Q_{ult} = R_d$				

<b>Tab. 8.6 - Platea di fondazione – APPROCCIO 1 / COMBINAZIONE 2 – GEO</b>				
Combinazione	Azioni (A2)	Parametri (M2)	Resistenze (R2-capacità portante)	Valore $R_d$
A2 + M2 + R2	Amplificate secondo la Tab. 6.2.I $G \times 1,0 + Q \times 1,3$	Secondo la Tab. 6.2.II $\gamma_{cu} = 1,4$	Secondo la Tab. 6.4.I $\gamma_R = 1,8$	1,53 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Verifica:</b> $G \times 1,0 + Q \times 1,3 \leq R_d = 1,53 \text{ Kg/cm}^2$				
<b>Considerazioni / Elaborazioni:</b> In questa combinazione i valori dei parametri geotecnici devono essere divisi per il coefficiente $\gamma_{cu} = 1,4$ per cui il valore della coesione non drenata $C_u$ risulta pari a: $C_u / 1,4 = 0,63 / 1,4 = 0,45 \text{ Kg/cm}^2$ Si determina quindi il nuovo $R = Q_{ult}$ con il nuovo valore di $C_u$ (i fattori di capacità portante ed il valore di q rimangono invariati) $R = Q_{ult} = 5,14 \times 0,45 \times 1,09 \times 1,06 \times 0,99 \times 1,00 \times 1,00 + 0,10 = 2,75 \text{ Kg/cm}^2$ il valore della resistenza così trovato va diviso per il coefficiente riduttivo $\gamma_R = 1,8$ per cui: $R_d = R / \gamma_R = 2,75 / 1,8 = 1,53 \text{ Kg/cm}^2$				

<b>Tab. 8.7 - Platea di fondazione – APPROCCIO 2 (in alternativa all'Approccio 1)</b>				
Combinazione	Azioni (A1)	Parametri (M1)	Resistenze (R3-capacità portante)	Valore $R_d$
A1 + M1 + R3	Amplificate secondo la Tab. 6.2.I $G \times 1,3 + Q \times 1,5$	Secondo la Tab. 6.2.II $\gamma_{cu} = 1,0$	Secondo la Tab. 6.4.I $\gamma_R = 2,3$	1,66 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Verifica:</b> $G \times 1,3 + Q \times 1,5 \leq R_d = 1,66 \text{ Kg/cm}^2$				
<b>Considerazioni / Elaborazioni:</b> In questa combinazione i valori dei parametri geotecnici sono pari a 1 ( $\gamma_{cu} = 1,0$ ) per cui il valore della resistenza R risulta: $R = Q_{ult} = 3,81 \text{ Kg/cm}^2$ il valore della resistenza va diviso per il coefficiente riduttivo $\gamma_R = 2,3$ per cui: $R_d = R / \gamma_R = 3,81 / 2,3 = 1,66 \text{ Kg/cm}^2$				

Il punto 6.4.2.1 del D.M. 14/01/08 prescrive:

*“La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l’Approccio 1:*

- . Combinazione 2:  $(A2+M2+R2)$

*tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.*

*Le rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:*

*Approccio 1:*

- . Combinazione 1:  $(A1+M1+R1)$
- . Combinazione 2:  $(A2+M2+R2)$

*Approccio 2:*

- $(A1+M1+R3).$

*Nelle verifiche effettuate con l’approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.”*

**Per verifiche agli stati limite che non rientrano nei casi sopra esposti sarà cura del progettista adattare i parametri e le resistenze con i valori dei coefficienti del D.M. 14/01/2008, nel quadro delle valutazioni e determinazioni svolte.**

### 8.7. Calcolo dei cedimenti

E' stata considerata la seguente ipotesi di fondazione:

1. **Platea di fondazione per la CABINA DI CONSEGNA impostata a -0,60 metri da p.c. di larghezza  $B = 7,82$  m e lunghezza  $L = 2,46$  metri;**
2. **Platea di fondazione per la CABINA DI CONVERSIONE impostata a -0,60 metri da p.c. di larghezza  $B = 5,46$  m e lunghezza  $L = 2,50$  metri;**

I carichi applicati ad un terreno, derivanti dalle fondazioni di una struttura, sono trasmessi nel sottosuolo non in modo uniforme, ma decrescono sia in profondità che lateralmente mano a mano che ci si allontana dalla zona di carico. La prova penetrometrica è stata spinta sino alla profondità in cui è ipotizzabile un'influenza praticamente nulla dei carichi che andranno posti sulle fondazioni.

Per quanto riguarda il calcolo dei cedimenti, esteso all'intera profondità del banco comprimibile, è stato condotto per strati successivi dello spessore di 20 centimetri, valutando, per ciascuno di essi, la tensione verticale  $\sigma_{vert.}$  ed il relativo valore del modulo edometrico  $Mo$ .

L'equazione utilizzata per il calcolo dei cedimenti è la seguente:

$$S = n \sum \left( \frac{h \cdot \sigma_v}{Mo} \right)$$

Dove:

$n$  = coefficiente di riduzione che tiene conto della rigidezza strutturale.

Il modulo edometrico è stato determinato tramite la relazione di Sanglerat (1972)  $Mo = \alpha R_p$ , dove  $\alpha$  assume valori diversi in funzione del tipo litologico e dei valori della stessa resistenza alla punta  $R_p$ .

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i cedimenti puntuali e differenziali ottenuti nei casi in esame:

1. per la **CABINA DI CONSEGNA** (v. tabb. 8.8 ÷ 8.9):

Tab. 8.8 - Calcolo cedimenti puntuali (Cabina di consegna)				
PUNTO D'INDAGINE	TIPO DI FONDAZIONE	DIMENSIONI (m)	CARICO (Kg/cm <sup>2</sup> )	CEDIMENTO (cm)
CPT 1	Platea	B = 2,46 m L=7,82 m Piano di posa = - 0,60 m	0,60	0,88
CPT 2				1,15
CPT 3				1,38
CPT 4				1,62

Tab. 8.9 – Calcolo dei cedimenti differenziali (Cabina di consegna)		
Cedimento CPT1 (cm)	Cedimento CPT2 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
0,88	1,15	0,27
Cedimento CPT1 (cm)	Cedimento CPT3 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
0,88	1,38	0,50
Cedimento CPT1 (cm)	Cedimento CPT4 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
0,88	1,62	0,74
Cedimento CPT2 (cm)	Cedimento CPT3 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
1,15	1,38	0,23
Cedimento CPT2 (cm)	Cedimento CPT4 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
1,15	1,62	0,47
Cedimento CPT3 (cm)	Cedimento CPT4 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
1,38	1,62	0,24

2. per la **CABINA DI CONVERSIONE** (v. tabb. 8.10 ÷ 8.11):

Tab. 8.10 - Calcolo cedimenti puntuali (Cabina di conversione)				
PUNTO D'INDAGINE	TIPO DI FONDAZIONE	DIMENSIONI (m)	CARICO (Kg/cm <sup>2</sup> )	CEDIMENTO (cm)
CPT 1	Platea	B = 2,50 m L=5,46 m Piano di posa = - 0,60 m	0,60	0,81
CPT 2				1,09
CPT 3				1,24
CPT 4				1,53

**Tab. 8.9 – Calcolo dei cedimenti differenziali (Cabina di conversione)**

Cedimento CPT1 (cm)	Cedimento CPT2 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
0,81	1,09	0,28
Cedimento CPT1 (cm)	Cedimento CPT3 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
0,81	1,24	0,43
Cedimento CPT1 (cm)	Cedimento CPT4 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
0,81	1,53	0,72
Cedimento CPT2 (cm)	Cedimento CPT3 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
1,09	1,24	0,15
Cedimento CPT2 (cm)	Cedimento CPT4 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
1,09	1,53	0,44
Cedimento CPT3 (cm)	Cedimento CPT4 (cm)	Cedimento differenziale (cm)
1,24	1,53	0,29

## 9. NOTE CONCLUSIVE

Alla luce di tutte le considerazioni precedenti si conclude quanto segue:

- Non sussistono elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici che possano pregiudicare l'attuazione del progetto;
- La successione litostratigrafica dell'area in esame è caratterizzata:
  - **sabbia argilloso limosa** presente in tutte e 4 le prove fino ad una profondità variabile tra -3,00 m (CPT 2) e - 12,80 m da p.c. (CPT3). Nella CPT4 è presente un primo strato di limo argilloso sabbioso fino a -2,6 m da p.c.;
  - **sabbia limosa** presente nella CPT2 tra -3,00 e -16,20 m da p.c. e nella CPT3 tra -12,80 e -15,00 m da p.c.;
  - **limo argilloso** ed **argilla limosa** a profondità variabile per ciascun punto di indagine (v. tabb. seguenti);
  - **sabbia argilloso limosa** fino alla massima profondità indagata.

Per le caratteristiche dei parametri geotecnici si vedano le tabb. 6.1 e 6.4.

- Nell'area oggetto di studio il livello della falda, misurato rispetto al piano campagna il giorno 17 Dicembre 2010, risulta essere a quota tra - 2,25 metri dal p.c. (CPT1) e - 2,10 metri dal p.c. (CPT2).
- Caprile nel Comune di Codigoro (FE) risulta classificato come zona a rischio sismico di **terza categoria**;
- La **Vs 30 media** è pari a **220,44 m/s**;
- La categoria del suolo di fondazione è riconducibile alla **Categoria C**: Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori VS30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < cu < 250$  kPa);
- Non sono stati riscontrati strati estesi o lenti spesse sabbiose a rischio liquefazione.

Ferrara, Dicembre 2010

Dott. Giovanni Rossi



Dott. Geol. Linda Collina







**TAVOLA**



## LEGENDA



Area d'indagine



Prove penetrometriche

## CARTA UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



## ALLEGATO 1

Riga 1

Riga 2

Riga 3

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

n°

1

riferimento

SI.PRO.

Committente: SI.PRO.

Cantiere: Impianto fotovoltaico

Località: CAPRILE - CODIGORO (FE)

U.M.: kg/cm²

Data esec.: 17/12/2010

Pagina: 1

Preforo: -0,20 m

Elaborato:

Falda: -2,25 m

NATURA COESIVA																				NATURA GRANULARE									
Prof.	qc	qc/fs	zone	$\gamma'$	$\sigma'_{vo}$	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	$\sigma_{Sc}$	$\sigma_{Ca}$	$\sigma_{Ko}$	$\sigma_{DB}$	$\sigma_{DM}$	$\sigma_{Me}$	F.L.	E'50	E'25	Mo							
m	kg/cm <sup>2</sup>			t/m <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	m/s	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>							
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--							
0.40	30.0	16.0	???	1.85	0.07	199	1.00	99.9	170	255	90	94	43	40	37	34	43	29	--	50	75	90							
0.60	110.0	41.2	???	1.85	0.11	325	--	--	--	--	--	100	43	44	42	39	45	34	--	183	275	330							
0.80	64.0	34.2	???	1.85	0.15	265	--	--	--	--	--	100	43	40	37	35	43	32	--	107	160	192							
1.00	56.0	16.8	???	1.85	0.19	252	1.87	99.9	317	476	168	93	42	38	36	33	42	31	--	93	140	168							
1.20	67.0	34.7	???	1.85	0.22	270	--	--	--	--	--	95	43	38	35	33	42	32	--	112	168	201							
1.40	61.0	33.9	???	1.85	0.26	260	--	--	--	--	--	88	42	37	34	32	41	32	--	102	153	183							
1.60	72.0	45.0	???	1.85	0.30	277	--	--	--	--	--	90	42	37	34	32	41	32	--	120	180	216							
1.80	69.0	33.3	???	1.85	0.33	273	--	--	--	--	--	86	42	36	34	31	40	32	--	115	173	207							
2.00	52.0	24.4	???	1.85	0.37	245	1.73	43.3	295	442	156	74	40	34	32	29	39	31	--	87	130	156							
2.20	54.0	31.2	???	1.85	0.41	249	--	--	--	--	--	73	40	34	31	29	38	31	--	90	135	162							
2.40	58.0	33.5	???	0.93	0.43	256	--	--	--	--	--	74	40	34	31	29	39	31	--	97	145	174							
2.60	76.0	51.7	???	0.96	0.44	283	--	--	--	--	--	82	41	35	33	30	39	33	--	127	190	228							
2.80	82.0	21.2	???	1.04	0.47	291	2.73	57.4	465	697	246	84	41	35	33	31	40	33	--	137	205	246							
3.00	110.0	41.2	???	1.02	0.49	325	--	--	--	--	--	93	42	37	34	32	41	34	--	183	275	330							
3.20	120.0	44.9	???	1.03	0.51	336	--	--	--	--	--	95	43	37	34	32	41	35	--	200	300	360							
3.40	130.0	48.7	???	1.05	0.53	346	--	--	--	--	--	97	43	37	34	32	41	35	--	217	325	390							
3.60	110.0	41.2	???	1.02	0.55	325	--	--	--	--	--	90	42	36	33	31	40	34	--	183	275	330							
3.80	120.0	60.0	???	1.03	0.57	336	--	--	--	--	--	92	42	36	34	31	40	35	--	200	300	360							
4.00	110.0	55.0	???	1.02	0.59	325	--	--	--	--	--	88	42	36	33	31	40	34	--	183	275	330							
4.20	90.0	33.7	???	0.98	0.61	302	--	--	--	--	--	80	41	35	32	30	39	33	--	150	225	270							
4.40	120.0	90.2	???	1.03	0.63	336	--	--	--	--	--	90	42	36	33	31	40	35	--	200	300	360							
4.60	70.0	35.0	???	0.95	0.65	274	--	--	--	--	--	70	40	33	30	28	37	32	--	117	175	210							
4.80	80.0	24.0	???	1.03	0.67	289	2.67	35.4	453	680	240	74	40	34	31	29	38	33	--	133	200	240							
5.00	72.0	38.5	???	0.95	0.69	277	--	--	--	--	--	70	40	33	30	28	37	32	--	120	180	216							
5.20	120.0	60.0	???	1.03	0.71	336	--	--	--	--	--	87	42	35	32	30	39	35	--	200	300	360							
5.40	110.0	33.0	???	1.02	0.73	325	--	--	--	--	--	83	41	35	32	30	39	34	--	183	275	330							
5.60	170.0	51.1	???	1.11	0.75	383	--	--	--	--	--	97	43	37	34	32	41	37	--	283	425	510							
5.80	200.0	60.1	???	1.15	0.77	408	--	--	--	--	--	100	43	37	35	32	41	38	--	333	500	600							
6.00	210.0	45.0	???	1.15	0.80	415	--	--	--	--	--	100	43	37	35	32	41	38	--	350	525	630							
6.20	210.0	52.5	???	1.15	0.82	415	--	--	--	--	--	100	43	37	35	32	41	38	--	350	525	630							
6.40	220.0	55.0	???	1.15	0.84	422	--	--	--	--	--	100	43	37	35	32	41	38	--	367	550	660							
6.60	190.0	40.7	???	1.14	0.87	400	--	--	--	--	--	98	43	37	34	32	40	37	--	317	475	570							
6.80	180.0	45.0	???	1.12	0.89	392	--	--	--	--	--	95	43	36	33	31	40	37	--	300	450	540							
7.00	170.0	51.1	???	1.11	0.91	383	--	--	--	--	--	93	42	36	33	31	40	37	--	283	425	510							
7.20	160.0	48.0	???	1.09	0.93	375	--	--	--	--	--	90	42	35	33	30	39	36	--	267	400	480							
7.40	170.0	51.1	???	1.11	0.95	383	--	--	--	--	--	91	42	36	33	31	40	37	--	283	425	510							
7.60	180.0	45.0	???	1.12	0.98	392	--	--	--	--	--	93	42	36	33	31	40	37	--	300	450	540							
7.80	170.0	51.1	???	1.11	1.00	383	--	--	--	--	--	90	42	35	33	30	39	37	--	283	425	510							
8.00	140.0	42.0	???	1.06	1.02	356	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	39	36	--	233	350	420							
8.20	120.0	44.9	???	1.03	1.04	336	--	--	--	--	--	77	41	33	30	29	38	35	--	200	300	360							
8.40	140.0	52.4	???	1.06	1.06	356	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	38	36	--	233	350	420							
8.60	110.0	41.2	???	1.02	1.08	325	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	34	--	183	275	330							
8.80	140.0	52.4	???	1.06	1.10	356	--	--	--	--	--	81	41	34	31	29	38	36	--	233	350	420							
9.00	120.0	44.9	???	1.03	1.12	336	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	35	--	200	300	360							
9.20	100.0	37.5	???	1.00	1.14	314	--	--	--	--	--	69	39	32	29	27	36	34	--	167	250	300							
9.40	130.0	48.7	???	1.05	1.16	346	--	--	--	--	--	77	41	33	30	28	38	35	--	217	325	390							
9.60	140.0	52.4	???	1.06	1.19	356	--	--	--	--	--	79	41	33	31	29	38	36	--	233	350	420							
9.80	190.0	--	???	1.14	1.21	400	--	--	--	--	--	89	42	35	32	30	39	37	--	317	475	570							
10.00	150.0	56.2	???	1.08	1.23	366	--	--	--	--	--	81	41	34	31	29	38	36	--	250	375	450							
10.20	140.0	52.4	???	1.06	1.25	356	--	--	--	--	--	78	41	33	30	28	38	36	--	233	350	420							
10.40	66.0	23.6	???	1.02	1.27	268	2.20	12.5	374	561	198	52	37	29	26	25	33	32	--	110	165	198							
10.60	54.0	27.0	???	1.01	1.29	249	1.80	9.5	310	465	162	45	37	28	25	24	32	31	--	90	135	162							
10.80	58.0	48.3	???	0.93	1.31	256	--	--	--	--	--	47	37	29	26	24	32	31	--	97	145	174							
11.00	45.0	20.5	???	1.00	1.33	232	1.50	7.3	329	493	135	38	36	27	24	23	31	31	--	75	113	135							
11.20	50.0	34.0	???	0.92	1.35	242	--	--	--	--	--	41	36	28	25	23	31	31	--	83	125	150							
11.40	120.0	44.9	???	1.03	1.37	336	--	--	--	--	--	71	40	32	29	27	36	35	--	200	300	360							
11.60	80.0	30.0	???	1.03	1.39	289	2.67	14.2	453	680	240	56	38	30	27	25	34	33	--	133	200	240							
11.80	44.0	20.7	???	1.00	1.41	230	1.47	6.6	361	542	132	35	35	27	24	22	30	31	--	73	110	132							
12.00	100.0	50.0	???	1.00	1.43	314	--	--	--	--	--	63	39	31	28	26	35	34	--	167	250	300							
12.20	80.0	42.8	???	0.97	1.45	289	--	--	--	--	--	55	38	30	27	25	34	33	--	133	200	240							
12.40	52.0	35.4	???	0.92	1.47	245	--	--	--	--	--	40	36	27	24	23	31	31	--	1,61	87	130							
12.60	56.0	35.0	???	0.93	1.49	252	--	--	--	--	--	42	36	28	25	23	32	31	--	1,63	93	140							
12.80	14.0	10.5	???	0.94	1.50	150	0.64	2.1	351	527	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--							
13.00	12.0	12.9	???	0.92																									

Riga 1

Riga 2

Riga 3

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA										n°	2
PARAMETRI GEOTECNICI										riferimento	SI.PRO.

Committente: <b>SI.PRO.</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: 17/12/2010
Cantiere: <b>Impianto fotovoltaico</b>	Pagina: 1	Preforo: -0,60 m
Località: <b>CAPRILE - CODIGORO (FE)</b>	Elaborato:	Falda: -2,10 m

Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo kg/cm²	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE													
							Cu kg/cm²	OCR %	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)	σMe (°)	F.L. kg/cm²	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²			
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	--	--	???	1.85	0.07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	--	--	???	1.85	0.11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	54.0	50.5	???	1.85	0.15	249	--	--	--	--	--	97	43	39	36	34	43	31	--	90	135	162	--	--	
1.00	48.0	51.6	???	1.85	0.19	238	--	--	--	--	--	88	42	37	35	32	41	31	--	80	120	144	--	--	
1.20	44.0	36.7	???	1.85	0.22	230	--	--	--	--	--	80	41	36	33	31	40	31	--	73	110	132	--	--	
1.40	54.0	45.0	???	1.85	0.26	249	--	--	--	--	--	84	41	36	34	31	40	31	--	90	135	162	--	--	
1.60	40.0	33.3	???	1.85	0.30	222	--	--	--	--	--	70	40	34	31	29	38	30	--	67	100	120	--	--	
1.80	30.0	37.5	???	1.85	0.33	199	--	--	--	--	--	57	38	32	29	27	36	29	--	50	75	90	--	--	
2.00	40.0	33.3	???	1.85	0.37	222	--	--	--	--	--	65	39	33	30	28	37	30	--	67	100	120	--	--	
2.20	100.0	75.2	???	1.00	0.39	314	--	--	--	--	--	95	43	37	35	32	41	34	--	167	250	300	--	--	
2.40	59.0	32.8	???	0.93	0.41	257	--	--	--	--	--	76	40	34	32	30	39	32	--	98	148	177	--	--	
2.60	36.0	22.5	???	0.99	0.43	214	1.20	22.8	204	306	108	58	38	32	29	27	36	30	--	60	90	108	--	--	
2.80	26.0	23.0	???	0.95	0.45	189	0.93	15.6	158	237	78	45	37	30	27	25	34	28	--	43	65	78	--	--	
3.00	30.0	25.0	???	0.96	0.47	199	1.00	16.3	170	255	90	49	37	30	27	26	35	29	--	50	75	90	--	--	
3.20	58.0	39.5	???	0.93	0.49	256	--	--	--	--	--	71	40	34	31	29	38	31	--	97	145	174	--	--	
3.40	110.0	82.7	???	1.02	0.51	325	--	--	--	--	--	92	42	36	34	32	40	34	--	183	275	330	--	--	
3.60	110.0	55.0	???	1.02	0.53	325	--	--	--	--	--	91	42	36	34	31	40	34	--	183	275	330	--	--	
3.80	120.0	44.9	???	1.03	0.55	336	--	--	--	--	--	93	42	37	34	32	40	35	--	200	300	360	--	--	
4.00	100.0	37.5	???	1.00	0.57	314	--	--	--	--	--	86	42	35	33	31	40	34	--	167	250	300	--	--	
4.20	110.0	41.2	???	1.02	0.59	325	--	--	--	--	--	88	42	36	33	31	40	34	--	183	275	330	--	--	
4.40	80.0	30.0	???	1.03	0.61	289	2.67	39.9	453	680	240	76	40	34	31	29	38	33	--	133	200	240	--	--	
4.60	120.0	44.9	???	1.03	0.63	336	--	--	--	--	--	90	42	36	33	31	40	35	--	200	300	360	--	--	
4.80	140.0	52.4	???	1.06	0.65	356	--	--	--	--	--	94	43	36	34	31	40	36	--	233	350	420	--	--	
5.00	130.0	48.7	???	1.05	0.67	346	--	--	--	--	--	91	42	36	33	31	40	35	--	217	325	390	--	--	
5.20	110.0	41.2	???	1.02	0.69	325	--	--	--	--	--	84	41	35	32	30	39	34	--	183	275	330	--	--	
5.40	120.0	44.9	???	1.03	0.71	336	--	--	--	--	--	87	42	35	32	30	39	35	--	200	300	360	--	--	
5.60	100.0	50.0	???	1.00	0.73	314	--	--	--	--	--	80	41	34	31	29	39	34	--	167	250	300	--	--	
5.80	110.0	41.2	???	1.02	0.75	325	--	--	--	--	--	82	41	35	32	30	39	34	--	183	275	330	--	--	
6.00	110.0	41.2	???	1.02	0.77	325	--	--	--	--	--	82	41	34	32	30	39	34	--	183	275	330	--	--	
6.20	120.0	44.9	???	1.03	0.79	336	--	--	--	--	--	84	41	35	32	30	39	35	--	200	300	360	--	--	
6.40	100.0	50.0	???	1.00	0.81	314	--	--	--	--	--	77	40	34	31	29	38	34	--	167	250	300	--	--	
6.60	110.0	55.0	???	1.02	0.83	325	--	--	--	--	--	80	41	34	31	29	38	34	--	183	275	330	--	--	
6.80	110.0	55.0	???	1.02	0.85	325	--	--	--	--	--	79	41	34	31	29	38	34	--	183	275	330	--	--	
7.00	120.0	60.0	???	1.03	0.87	336	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	39	35	--	200	300	360	--	--	
7.20	100.0	50.0	???	1.00	0.89	314	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	38	34	--	167	250	300	--	--	
7.40	76.0	33.5	???	0.96	0.91	283	--	--	--	--	--	65	39	32	29	27	36	33	--	127	190	228	--	--	
7.60	100.0	37.5	???	1.00	0.93	314	--	--	--	--	--	74	40	33	30	28	37	34	--	167	250	300	--	--	
7.80	130.0	48.7	???	1.05	0.95	346	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	39	35	--	217	325	390	--	--	
8.00	130.0	48.7	???	1.05	0.97	346	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	38	35	--	217	325	390	--	--	
8.20	140.0	52.4	???	1.06	1.00	356	--	--	--	--	--	84	41	34	32	29	39	36	--	233	350	420	--	--	
8.40	150.0	56.2	???	1.08	1.02	366	--	--	--	--	--	86	42	35	32	30	39	36	--	250	375	450	--	--	
8.60	120.0	36.0	???	1.03	1.04	336	--	--	--	--	--	77	41	33	31	29	38	35	--	200	300	360	--	--	
8.80	110.0	41.2	???	1.02	1.06	325	--	--	--	--	--	74	40	33	30	28	37	34	--	183	275	330	--	--	
9.00	56.0	35.0	???	0.93	1.08	252	2.67	19.1	453	680	240	50	37	29	26	25	33	31	1.86	93	140	168	--	--	
9.20	80.0	30.0	???	1.03	1.10	289	--	--	--	--	--	62	39	31	28	26	35	33	--	133	200	240	--	--	
9.40	160.0	80.0	???	1.09	1.12	375	--	--	--	--	--	85	41	34	32	30	39	36	--	267	400	480	--	--	
9.60	160.0	59.9	???	1.09	1.14	375	--	--	--	--	--	85	41	34	32	29	39	36	--	267	400	480	--	--	
9.80	180.0	90.0	???	1.12	1.16	392	--	--	--	--	--	88	42	35	32	30	39	37	--	300	450	540	--	--	
10.00	150.0	56.2	???	1.08	1.18	366	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	38	36	--	250	375	450	--	--	
10.20	110.0	41.2	???	1.02	1.20	325	--	--	--	--	--	71	40	32	29	27	36	34	--	183	275	330	--	--	
10.40	36.0	20.8	???	0.99	1.22	214	1.20	6.1	322	483	108	32	35	27	23	22	30	30	--	60	90	108	--	--	
10.60	46.0	28.8	???	1.01	1.24	234	1.53	8.1	298	446	138	40	36	28	25	23	31	31	--	77	115	138	--	--	
10.80	40.0	50.0	???	0.90	1.26	222	--	--	--	--	--	35	35	27	24	22	31	30	1.53	67	100	120	--	--	
11.00	72.0	41.6	???	0.95	1.28	277	--	--	--	--	--	55	38	30	27	25	34	32	1.99	120	180	216	--	--	
11.20	48.0	36.1	???	0.91	1.30	238	--	--	--	--	--	40	36	28	25	23	31	31	1.60	80	120	144	--	--	
11.40	130.0	65.0	???	1.05	1.32	346	--	--	--	--	--	74	40	33	30	28	37	35	--	217	325	390	--	--	
11.60	110.0	41.2	???	1.02	1.34	325	--	--	--	--	--	68	39	32	29	27	36	34	--	183	275	330	--	--	
11.80	76.0	113.4	???	0.96	1.36	283	--																		

Riga 1

Riga 2

Riga 3

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	n°	<b>2</b>
	riferimento	SI.PRO.

Committente: <b>SI.PRO.</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data eseg.: 17/12/2010
Cantiere: <b>Impianto fotovoltaico</b>	Pagina: 2	Preforo: -0,60 m
Località: <b>CAPRILE - CODIGORO (FE)</b>	Elaborato:	Falda: -2,10 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
Prof.	qc	qc/fs	zone	$\gamma'$	$\sigma'_{vo}$	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	$\phi$ Sc	$\phi$ Ca	$\phi$ Ko	$\phi$ DB	$\phi$ DM	$\phi$ Me	F.L.	E'50	E'25	Mo
m	kg/cm <sup>2</sup>			t/m <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	m/s	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
20.00	42.0	16.6		1.00	2.18	226	1.40	3.6	616	924	126	23	34	24	21	20	28	30	--	70	105	126
20.20	12.0	8.2		0.92	2.20	141	0.57	1.2	340	510	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.40	12.0	30.0		0.88	2.22	141	0.57	1.2	340	511	45	--	31	18	15	14	25	26	--	20	30	36
20.60	12.0	25.5		0.92	2.24	141	0.57	1.1	341	511	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.80	17.0	51.5		0.91	2.25	161	0.72	1.5	422	632	54	--	31	20	16	16	25	27	--	28	43	51
21.00	11.0	15.1		0.91	2.27	137	0.54	1.0	321	482	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.20	13.0	19.4		0.93	2.29	145	0.60	1.2	359	539	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.40	22.0	25.3		0.93	2.31	177	0.85	1.8	483	724	66	--	31	21	18	17	25	28	--	37	55	66
21.60	16.0	15.0		0.96	2.33	157	0.70	1.4	409	613	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.80	24.0	12.8		0.94	2.35	183	0.89	1.9	504	756	72	2	32	21	18	17	25	28	--	40	60	72
22.00	20.0	18.7		0.93	2.37	171	0.80	1.6	463	694	60	--	31	20	17	16	25	27	--	33	50	60
22.20	14.0	16.1		0.94	2.39	150	0.64	1.2	378	567	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.40	26.0	35.6		0.87	2.40	189	--	--	--	--	--	4	32	22	18	17	25	28	--	43	65	78
22.60	30.0	32.3		0.88	2.42	199	--	--	--	--	--	9	32	22	19	18	25	29	1.14	50	75	90
22.80	12.0	10.0		0.92	2.44	141	0.57	1.0	342	514	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.00	13.0	14.0		0.93	2.46	145	0.60	1.1	361	542	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.20	13.0	21.7		0.93	2.48	145	0.60	1.1	361	542	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.40	12.0	17.9		0.92	2.49	141	0.57	1.0	343	514	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.60	13.0	19.4		0.93	2.51	145	0.60	1.1	362	543	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.80	18.0	26.9		0.98	2.53	164	0.75	1.4	441	662	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.00	35.0	19.4		0.98	2.55	211	1.17	2.4	629	943	105	13	33	23	19	18	26	29	--	58	88	105
24.20	50.0	41.7		0.92	2.57	242	--	--	--	--	--	25	34	25	21	20	28	31	1.29	83	125	150
24.40	30.0	14.1		0.96	2.59	199	1.00	1.9	565	847	90	7	32	22	19	18	25	29	--	50	75	90
24.60	13.0	16.3		0.93	2.61	145	0.60	1.0	363	544	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.80	12.0	22.6		0.92	2.63	141	0.57	0.9	343	514	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25.00	13.0	24.5		0.93	2.64	145	0.60	1.0	363	544	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25.20	14.0	26.4		0.94	2.66	150	0.64	1.0	381	571	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25.40	15.0	28.3		0.95	2.68	154	0.67	1.1	398	597	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25.60	15.0	25.0		0.95	2.70	154	0.67	1.1	398	597	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25.80	25.0	28.7		0.94	2.72	186	0.91	1.6	527	790	75	--	31	21	17	16	25	28	--	42	63	75
26.00	22.0	23.7		0.93	2.74	177	0.85	1.4	495	743	66	--	31	20	17	16	25	28	--	37	55	66
26.20	18.0	20.7		0.98	2.76	164	0.75	1.2	445	667	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26.40	16.0	23.9		0.96	2.78	157	0.70	1.1	415	623	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26.60	15.0	22.4		0.95	2.80	154	0.67	1.0	399	599	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26.80	14.0	19.2		0.94	2.82	150	0.64	1.0	382	573	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.00	14.0	23.3		0.94	2.83	150	0.64	1.0	382	573	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.20	13.0	24.5		0.93	2.85	145	0.60	0.9	363	544	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.40	16.0	20.0		0.96	2.87	157	0.70	1.1	416	624	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.60	19.0	23.8		0.99	2.89	168	0.78	1.2	460	691	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.80	17.0	15.0		0.97	2.91	161	0.72	1.1	432	648	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28.00	37.0	26.4		0.99	2.93	216	1.23	2.1	682	1023	111	12	33	22	19	18	25	30	--	62	93	111
28.20	52.0	98.1		0.92	2.95	245	--	--	--	--	--	23	34	24	21	20	27	31	1.26	87	130	156
28.40	34.0	31.8		0.89	2.97	209	--	--	--	--	--	8	32	22	18	18	25	29	1.12	57	85	102
28.60	18.0	30.0		0.91	2.99	164	0.75	1.1	448	671	56	--	31	19	15	14	25	27	--	30	45	54
28.80	19.0	21.8		0.99	3.01	168	0.78	1.2	462	693	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29.00	21.0	18.6		0.93	3.02	174	0.82	1.2	488	733	63	--	31	19	16	15	25	27	--	35	53	63
29.20	24.0	21.2		0.94	3.04	183	0.89	1.3	524	785	72	--	31	20	17	16	25	28	--	40	60	72
29.40	54.0	33.8		0.92	3.06	249	--	--	--	--	--	24	34	24	21	20	27	31	1.26	90	135	162
29.60	100.0	37.5		1.00	3.08	314	--	--	--	--	--	45	37	27	24	22	31	34	1.56	167	250	300
29.80	120.0	44.9		1.03	3.10	336	--	--	--	--	--	51	37	28	25	23	32	35	1.75	200	300	360
30.00	130.0	39.0		1.05	3.12	346	--	--	--	--	--	53	38	28	25	24	32	35	1.86	217	325	390

Zona sismica: 3

FON034

Riga 1

Riga 2

Riga 3

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

n°

3

riferimento

SI.PRO.

Committente: SI.PRO.

Cantiere: Impianto fotovoltaico

Località: CAPRILE - CODIGORO (FE)

U.M.: kg/cm²

Data esec.: 17/12/2010

Pagina: 1

Preforo: -0,60 m

Elaborato:

Falda: Foro chiuso

Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo kg/cm²	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
							Cu kg/cm²	OCR %	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	φSc (°)	φCa (°)	φKo (°)	φDB (°)	φDM (°)	φMe (°)							
0,20	130,0	--		1,85	0,04	346	--	--	--	--	--	100	43	50	48	45	45	35	--	217	325	390			
0,40	130,0	--		1,85	0,07	346	--	--	--	--	--	100	43	47	45	41	45	35	--	217	325	390			
0,60	130,0	--		1,85	0,11	346	--	--	--	--	--	100	43	45	43	40	45	35	--	217	325	390			
0,80	110,0	82,7		1,85	0,15	325	--	--	--	--	--	100	43	43	40	37	45	34	--	183	275	330			
1,00	70,0	40,5		1,85	0,19	274	--	--	--	--	--	100	43	39	37	34	43	32	--	117	175	210			
1,20	60,0	32,1		1,85	0,22	259	--	--	--	--	--	91	42	38	35	33	41	32	--	100	150	180			
1,40	58,0	39,5		1,85	0,26	256	--	--	--	--	--	86	42	37	34	32	41	31	--	97	145	174			
1,60	48,0	36,1		1,85	0,30	238	--	--	--	--	--	76	40	35	32	30	39	31	--	80	120	144			
1,80	42,0	39,3		1,85	0,33	226	--	--	--	--	--	69	40	34	31	29	38	30	--	70	105	126			
2,00	41,0	41,0		1,85	0,37	224	--	--	--	--	--	66	39	33	30	28	38	30	--	68	103	123			
2,20	26,0	24,3		1,85	0,41	189	0,93	17,6	158	237	78	48	37	30	27	26	34	28	--	43	65	78			
2,40	36,0	45,0		1,85	0,44	214	--	--	--	--	--	57	38	32	29	27	36	30	--	60	90	108			
2,60	48,0	32,7		1,85	0,48	238	--	--	--	--	--	65	39	33	30	28	37	31	--	80	120	144			
2,80	66,0	47,1		1,85	0,52	268	--	--	--	--	--	74	40	34	31	29	38	32	--	110	165	198			
3,00	110,0	55,0		1,85	0,56	325	--	--	--	--	--	90	42	36	33	31	40	34	--	183	275	330			
3,20	130,0	65,0		1,85	0,59	346	--	--	--	--	--	94	43	37	34	32	40	35	--	217	325	390			
3,40	100,0	30,0		1,85	0,63	314	--	--	--	--	--	83	41	35	32	30	39	34	--	167	250	300			
3,60	66,0	41,3		1,85	0,67	268	--	--	--	--	--	68	39	33	30	28	37	32	--	110	165	198			
3,80	62,0	35,8		1,85	0,70	262	--	--	--	--	--	64	39	32	29	27	36	32	--	103	155	186			
4,00	58,0	39,5		1,85	0,74	256	--	--	--	--	--	61	39	31	28	27	36	31	--	97	145	174			
4,20	61,0	36,5		1,85	0,78	260	--	--	--	--	--	61	39	31	28	27	36	32	--	102	153	183			
4,40	66,0	44,9		1,85	0,81	268	--	--	--	--	--	63	39	32	29	27	36	32	--	110	165	198			
4,60	66,0	35,3		1,85	0,85	268	--	--	--	--	--	62	39	31	28	27	36	32	--	110	165	198			
4,80	56,0	42,1		1,85	0,89	252	--	--	--	--	--	55	38	30	27	26	34	31	--	93	140	168			
5,00	63,0	52,5		1,85	0,93	264	--	--	--	--	--	58	38	31	28	26	35	32	--	105	158	189			
5,20	64,0	50,4		1,85	0,96	265	--	--	--	--	--	58	38	31	28	26	35	32	--	107	160	192			
5,40	68,0	51,1		1,85	1,00	271	--	--	--	--	--	59	38	31	28	26	35	32	--	113	170	204			
5,60	90,0	67,7		1,85	1,04	302	--	--	--	--	--	68	39	32	29	27	36	33	--	150	225	270			
5,80	80,0	54,4		1,85	1,07	289	--	--	--	--	--	63	39	31	28	26	35	33	--	133	200	240			
6,00	78,0	53,1		1,85	1,11	286	--	--	--	--	--	61	39	31	28	26	35	33	--	130	195	234			
6,20	66,0	38,2		1,85	1,15	268	--	--	--	--	--	54	38	30	27	25	34	32	--	110	165	198			
6,40	62,0	31,0		1,85	1,18	262	--	--	--	--	--	51	37	29	26	25	33	32	--	103	155	186			
6,60	80,0	28,6		1,85	1,22	289	2,67	16,7	453	680	240	59	38	31	28	26	35	33	--	133	200	240			
6,80	76,0	47,5		1,85	1,26	283	--	--	--	--	--	57	38	30	27	25	34	33	--	127	190	228			
7,00	76,0	38,0		1,85	1,30	283	--	--	--	--	--	56	38	30	27	25	34	33	--	127	190	228			
7,20	120,0	44,9		1,85	1,33	336	--	--	--	--	--	71	40	32	29	27	36	35	--	200	300	360			
7,40	150,0	56,2		1,85	1,37	366	--	--	--	--	--	78	41	33	30	28	37	36	--	250	375	450			
7,60	140,0	70,0		1,85	1,41	356	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	36	--	233	350	420			
7,80	100,0	50,0		1,85	1,44	314	--	--	--	--	--	63	39	31	28	26	35	34	--	167	250	300			
8,00	44,0	27,5			1,85	1,48	230	1,47	6,2	388	581	132	34	35	27	23	22	30	31	--	73	110	132		
8,20	38,0	31,7	1,85		1,52	218	--	--	--	--	--	29	35	26	23	21	29	30	--	63	95	114			
8,40	38,0	28,6	1,85		1,55	218	1,27	4,9	430	646	114	28	35	26	22	21	29	30	--	63	95	114			
8,60	46,0	24,6	1,85		1,59	234	1,53	6,0	421	632	138	34	35	26	23	22	30	31	--	77	115	138			
8,80	64,0	50,4	1,85		1,63	265	--	--	--	--	--	45	37	28	25	23	32	32	--	107	160	192			
9,00	78,0	65,0	1,85		1,67	286	--	--	--	--	--	51	37	29	26	24	33	33	--	130	195	234			
9,20	56,0	42,1	1,85		1,70	252	--	--	--	--	--	39	36	27	24	23	31	31	--	93	140	168			
9,40	39,0	14,6	1,85		1,74	220	1,30	4,4	486	728	117	26	34	25	22	21	29	30	--	65	98	117			
9,60	56,0	35,0	1,85		1,78	252	--	--	--	--	--	38	36	27	24	22	31	31	--	93	140	168			
9,80	16,0	17,2			1,85	1,81	157	0,70	1,9	393	590	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	10,0	14,9		1,85	1,85	132	0,50	1,2	297	445	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,20	130,0	48,7		1,85	1,89	346	--	--	--	--	--	66	39	31	28	26	35	35	--	217	325	390			
10,40	50,0	37,6		1,85	1,92	242	--	--	--	--	--	32	35	26	23	21	29	31	--	83	125	150			
10,60	38,0	23,8		1,85	1,96	218	1,27	3,6	554	830	114	22	34	25	21	20	28	30	--	63	95	114			
10,80	30,0	75,0		1,85	2,00	199	--	--	--	--	--	14	33	23	20	19	26	29	--	50	75	90			
11,00	8,0	9,2		1,85	2,04	121	0,40	0,8	240	360	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,20	64,0	30,0		1,85	2,07	265	--	--	--	--	--	39	36	27	24	22	30	32	--	107	160	192			
11,40	18,0	24,7		1,85	2,11	164	0,75	1,7	430	645	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,60	5,0	5,7		1,85	2,15	101	0,25	0,4	33	49	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,80	6,0	18,2		1,85	2,18	109	0,30	0,5	180	270	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12,00	68,0	31,9		1,85	2,22	271	--	--	--	--	--	39	36	27	24	22	30	32	--	113	170	204			
12,20	41,0	51,3		1,85	2,26	224	--	--	--	--	--	21	34	24	21	20	27	30	--	68	103	123			
12,40	62,0	66,7		1,85	2,29	262	--	--	--	--	--	35	35	26	23	22	30	32	--	103	155	186			
12,60	44,0	60,3		1,85	2,33	230	--	--	--	--	--	23	34	24	21	20	28	31	--	73	110	132			
12,80	7,0	4,8		1,85	2,37	115	0,35	0,6	46	68	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13,00	86,0	37,9		1,85	2,41	297	--	--	--	--	--	45	37	28	24	23	31	33	--	143	215	258			
13,20	120,0	60,0		1,85	2,44	336	--	--	--	--	--	56	38	29	26	24	33	35	--	200	300	360			
13,40	110,0	41,2		1,85	2,48	325	--	--	--	--	--	53	38	29	26	24	32	34	--	183					



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

n° **4**

riferimento SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**Cantiere: **Impianto fotovoltaico**Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **17/12/2010**Pagina: **1**Preforo: **-0,40 m**

Elaborato:

Falda: **Foro chiuso**

Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo kg/cm²	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
							Cu kg/cm²	OCR %	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	øSc (°)	øCa (°)	øKo (°)	øDB (°)	øDM (°)	øMe (°)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Riga 1

Riga 2

Riga 3

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

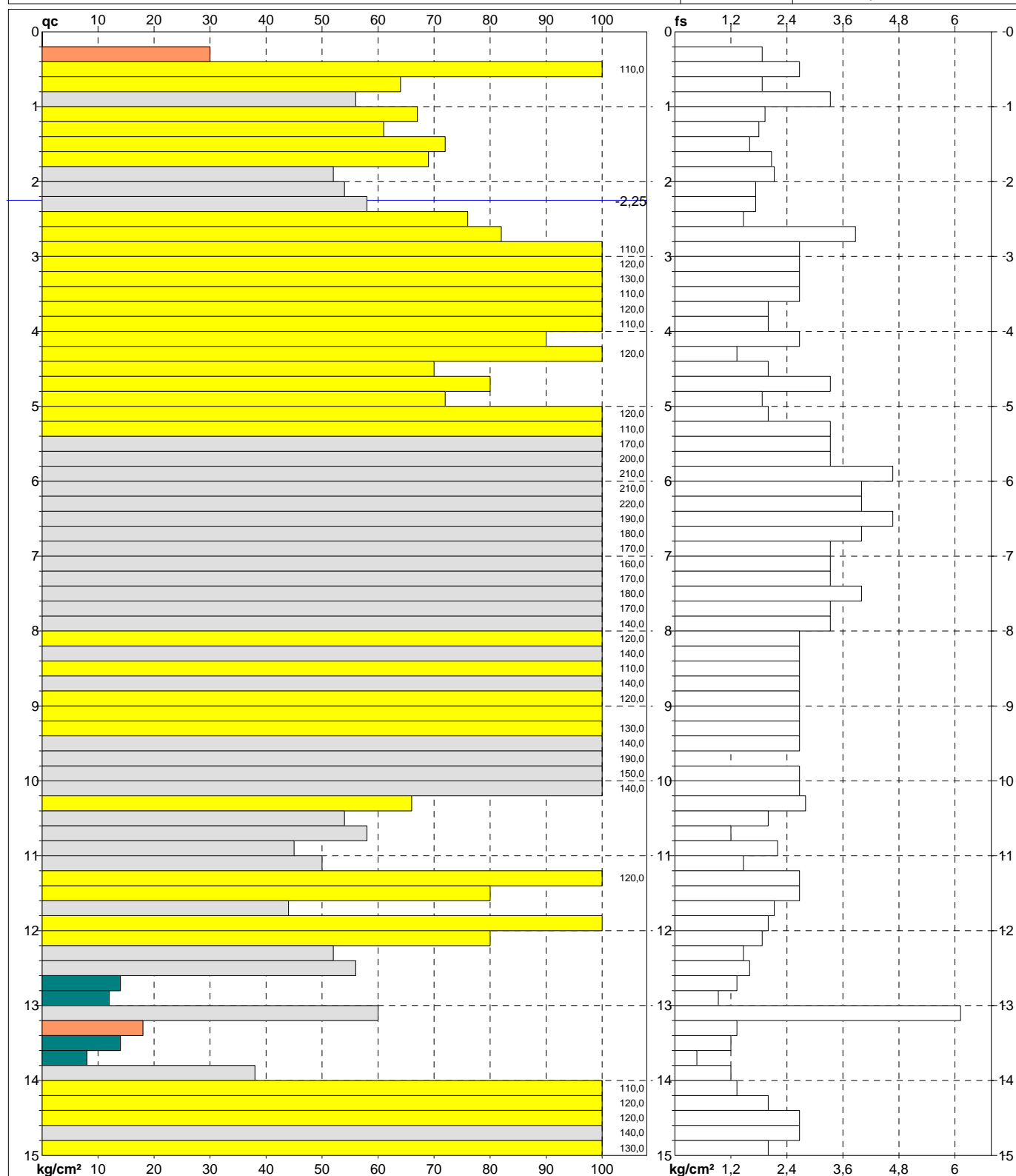
## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n° **1**

riferimento SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**  
 Cantiere: **Impianto fotovoltaico**  
 Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**

U.M.: **kg/cm²**  
 Scala: **1:75**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:  
 Data esec.: **17/12/2010**  
 Preforo: **-0,20 m**  
 Falda: **-2,25 m**



**Coord. Relative**  
 Xr: m  
 Yr: m  
 Zr: m

**Coord. Geografiche**  
 Xg:  
 Yg:  
 Zg:

Penetrometro: **TG63-200**  
 Responsabile:  
 Assistente:

Quota inizio :  
 Corr.astine: kg/ml  
 Cod.ISTAT: 038005

Zona sismica: 3

FON034

Riga 1

Riga 2

Riga 3

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n°

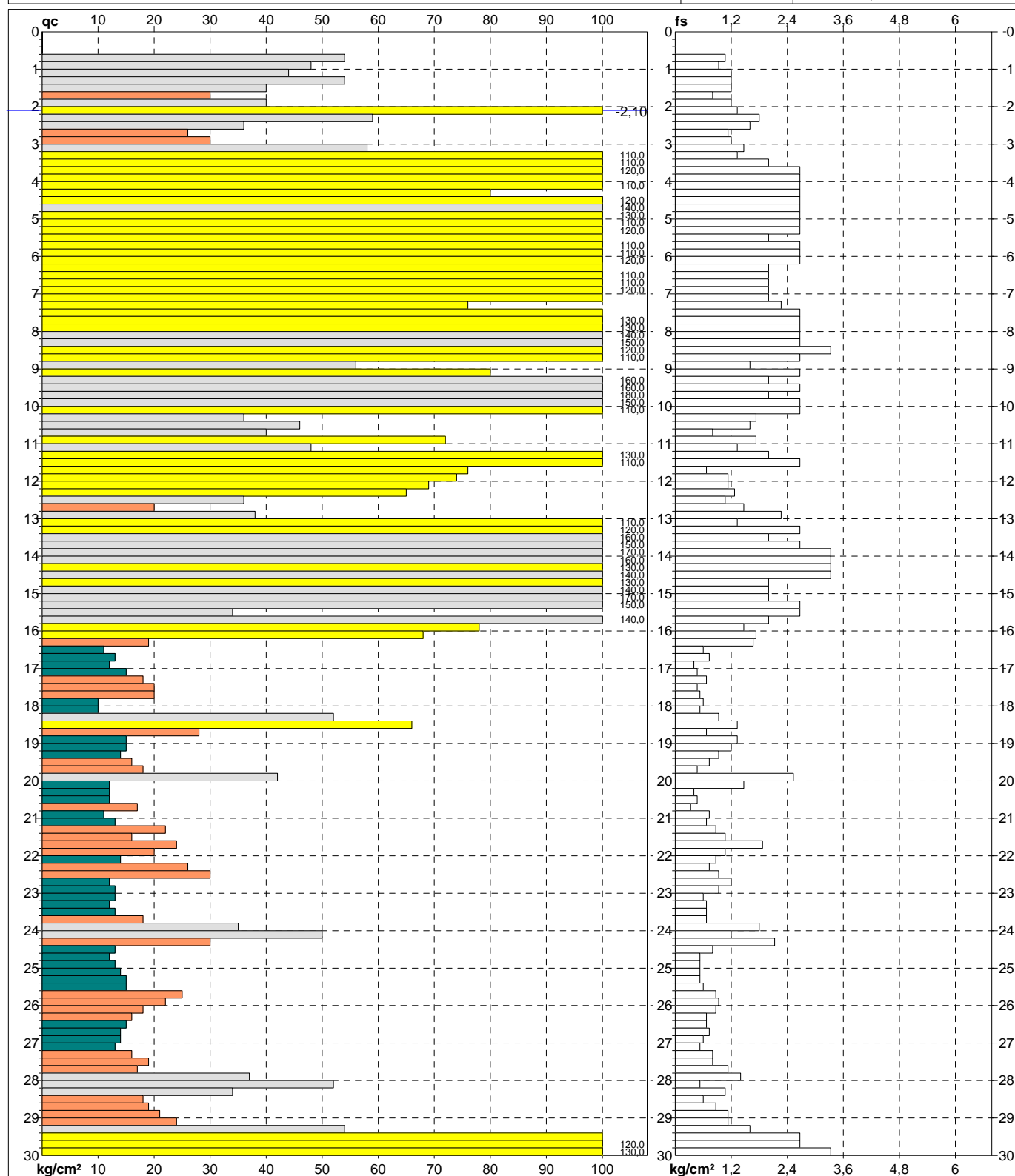
**2**

riferimento

SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**Cantiere: **Impianto fotovoltaico**Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **17/12/2010**Preforo: **-0,60 m**Falda: **-2,10 m**

Coord. Relative

Xr: m

Yr: m

Zr: m

Coord. Geografiche

Xg:

Yg:

Zg:

Penetrometro: **TG63-200**

Responsabile:

Assistente:

Quota inizio :

Corr.astine: kg/ml

Cod.ISTAT: 038005

Zona sismica: 3

FON034

Riga 1

Riga 2

Riga 3

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n°

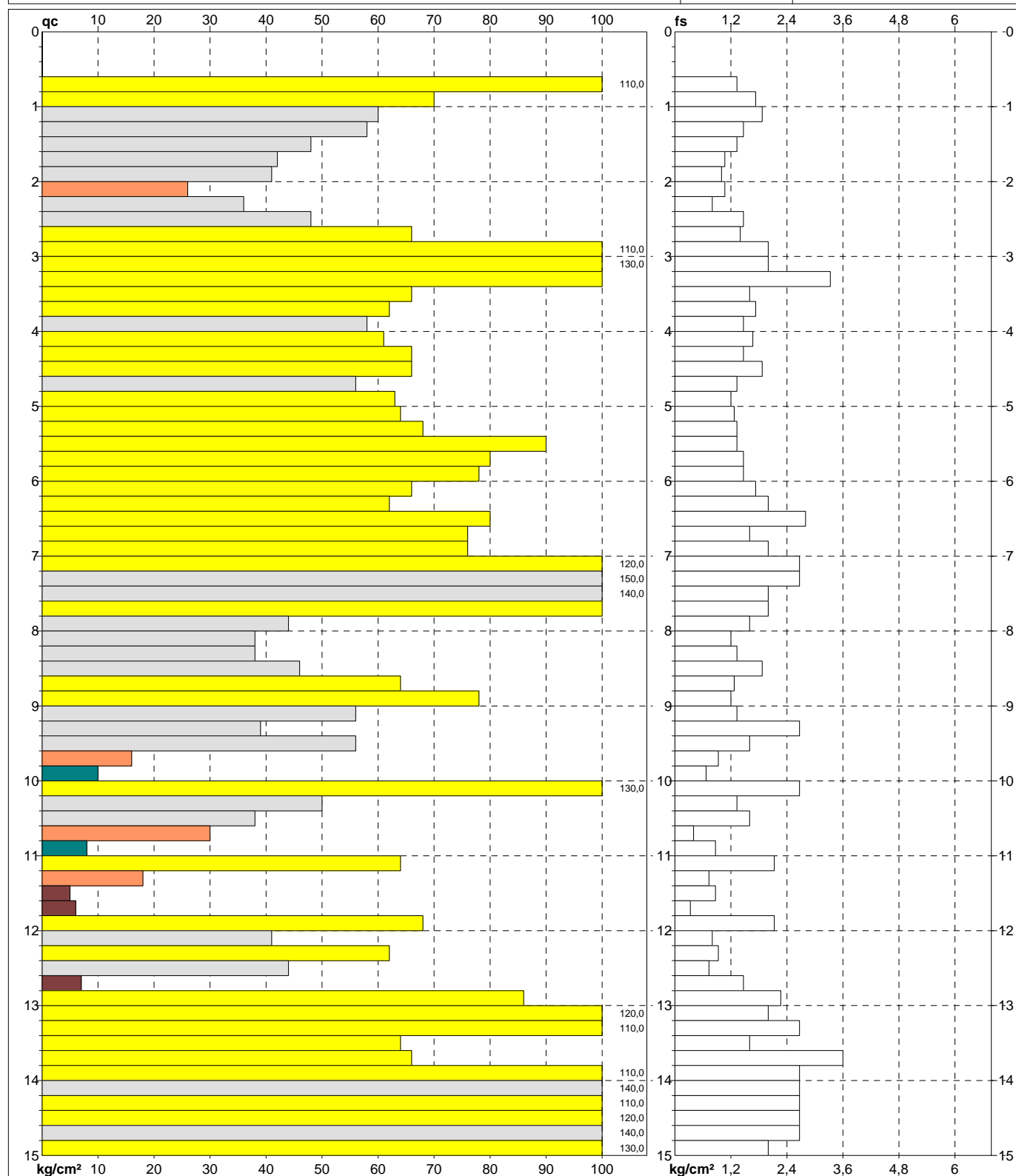
**3**

riferimento

SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**Cantiere: **Impianto fotovoltaico**Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:75**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **17/12/2010**Preforo: **-0,60 m**Falda: **Foro chiuso**

Coord. Relative

Xr: m

Yr: m

Zr: m

Coord. Geografiche

Xg:

Yg:

Zg:

Penetrometro: **TG63-200**

Responsabile:

Assistente:

Quota inizio :

Corr.astine: kg/ml

Cod.ISTAT: 038005

Zona sismica: 3

FON034

Riga 1

Riga 2

Riga 3

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n°

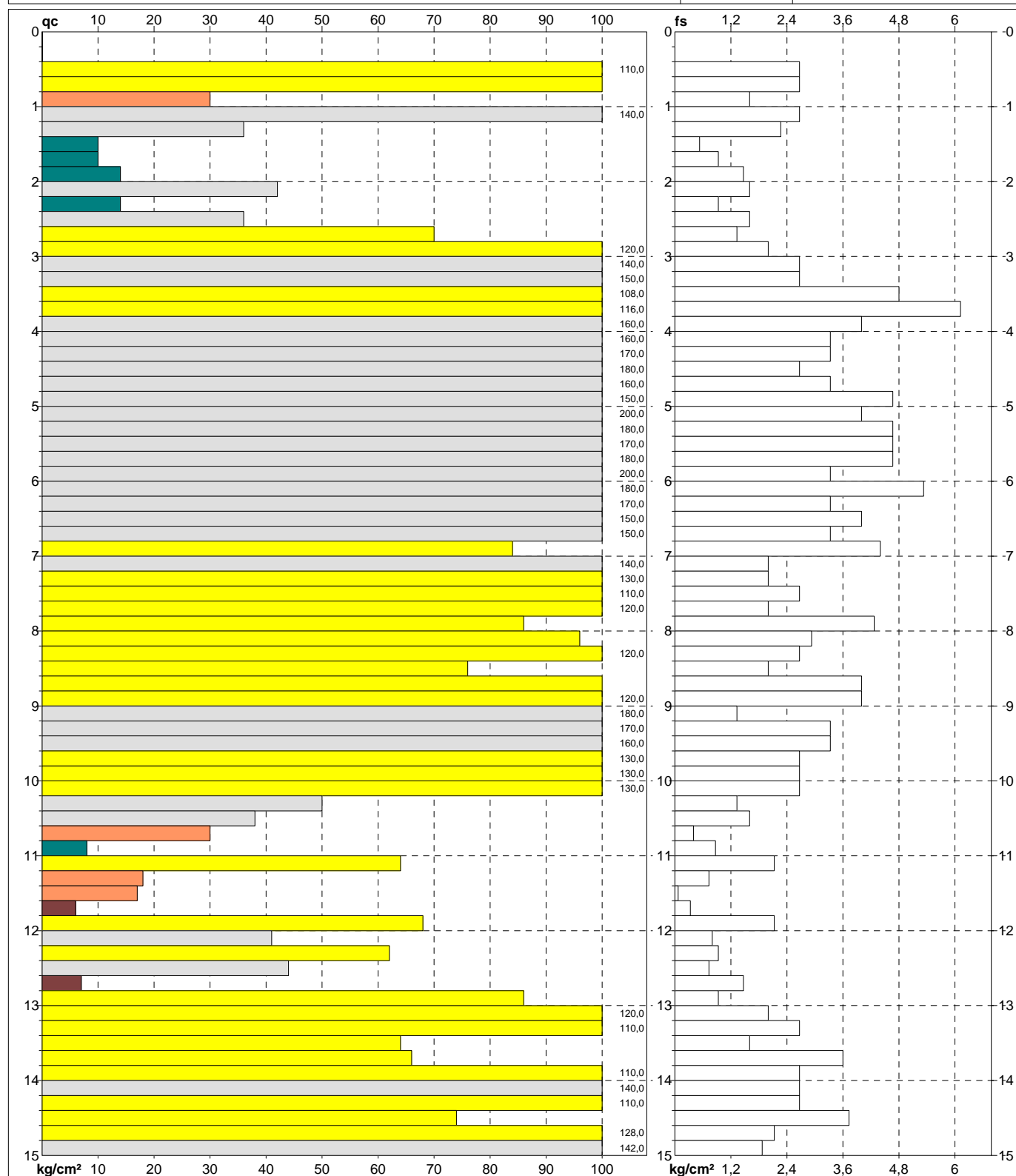
4

riferimento

SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**Cantiere: **Impianto fotovoltaico**Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:75**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **17/12/2010**Preforo: **-0,40 m**Falda: **Foro chiuso**

Coord. Relative

Xr: m

Yr: m

Zr: m

Coord. Geografiche

Xg:

Yg:

Zg:

Penetrometro: **TG63-200**

Responsabile:

Assistente:

Quota inizio :

Corr.astine: kg/ml

Cod.ISTAT: 038005

Zona sismica: 3

FON034

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

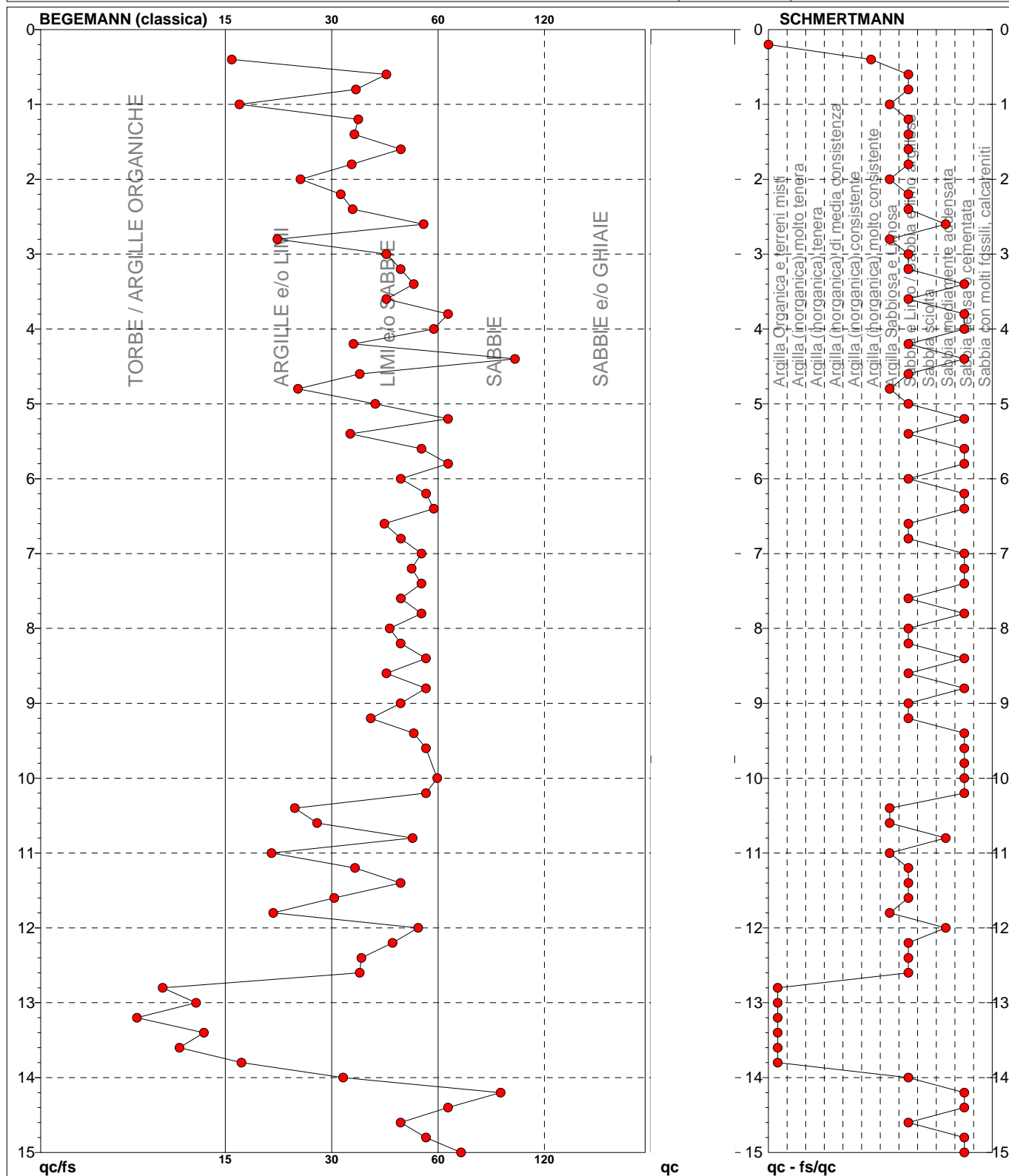
## DIAGRAMMI LITOLOGIA

n° **1**

riferimento SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**Cantiere: **Impianto fotovoltaico**Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:75**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **17/12/2010**Preforo: **-0,20 m**Falda: **-2,25 m**

Torbe / Argille org. :	7 punti, 9,46%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 8,11%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	8 punti, 10,81%
Argille e/o Limi :	11 punti, 14,86%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	32 punti, 43,24%
Limi e/o Sabbie :	53 punti, 71,62%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia sciolta:	0 punti, 0,00%
Sabbie:	4 punti, 5,41%	Argilla (inorganica) media consist.:	0 punti, 0,00%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 4,05%
Sabbie e/o Ghiaie :	0 punti, 0,00%	Argilla (inorganica) consistente:	0 punti, 0,00%	Sabbia densa o cementata:	23 punti, 31,08%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1,35%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	0 punti, 0,00%

Zona sismica: 3

FON034

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°

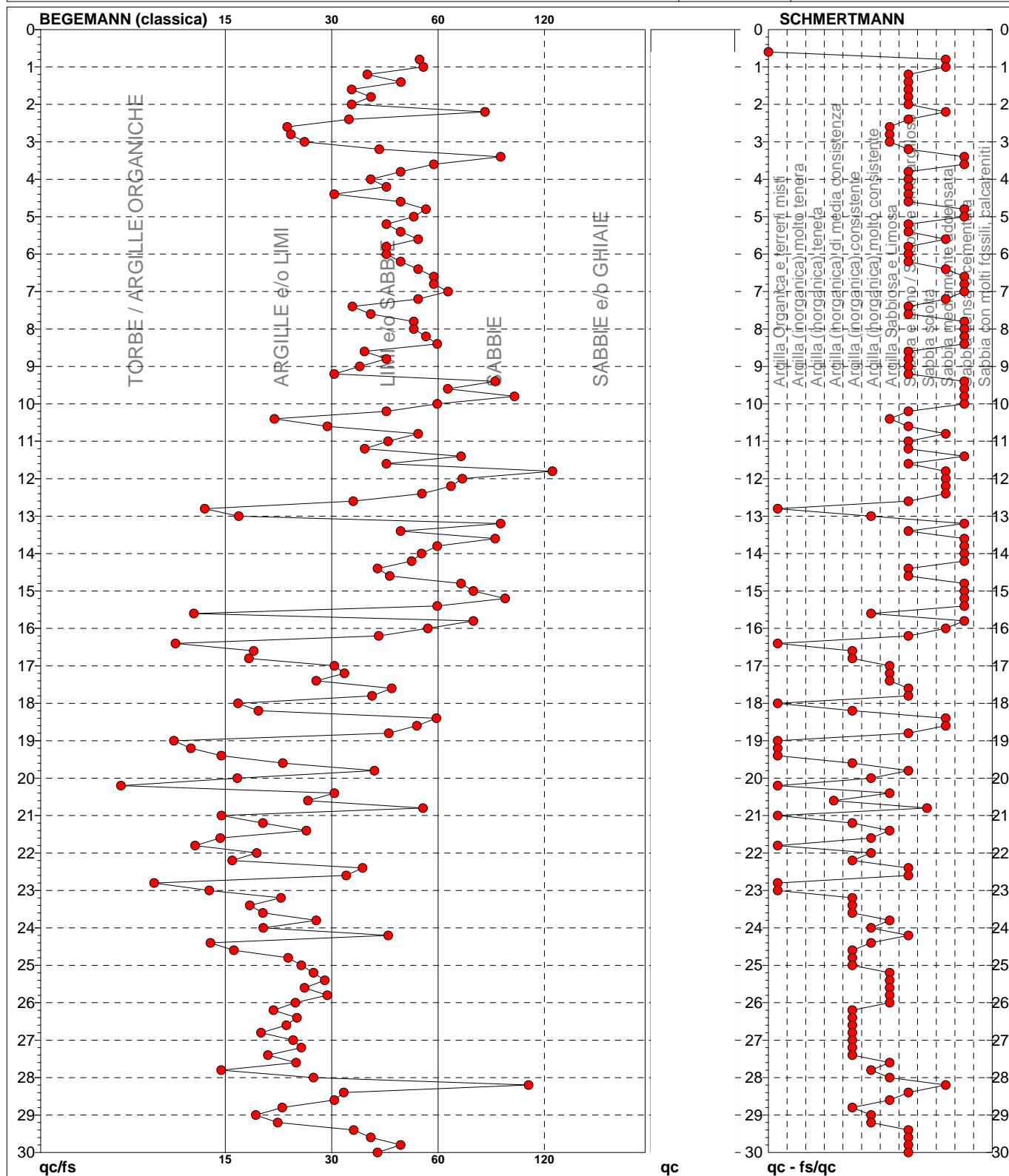
**2**

riferimento

SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**Cantiere: **Impianto fotovoltaico**Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:150**Pagina: **1**

Elaborato:

Data eseg.: **17/12/2010**Preforo: **-0,60 m**Falda: **-2,10 m**

Torbe / Argille org. :	14 punti, 9,40%	Argilla Organica e terreni misti:	11 punti, 7,38%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	18 punti, 12,08%
Argille e/o Limi :	51 punti, 34,23%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	45 punti, 30,20%
Limi e/o Sabbie :	70 punti, 46,98%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia sciolta:	1 punti, 0,67%
Sabbie:	15 punti, 10,07%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 0,67%	Sabbia mediamente addensata:	15 punti, 10,07%
Sabbie e/o Ghiaie :	0 punti, 0,00%	Argilla (inorganica) consistente:	20 punti, 13,42%	Sabbia densa o cementata:	26 punti, 17,45%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	10 punti, 6,71%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	0 punti, 0,00%

Zona sismica: 3

FON034



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°

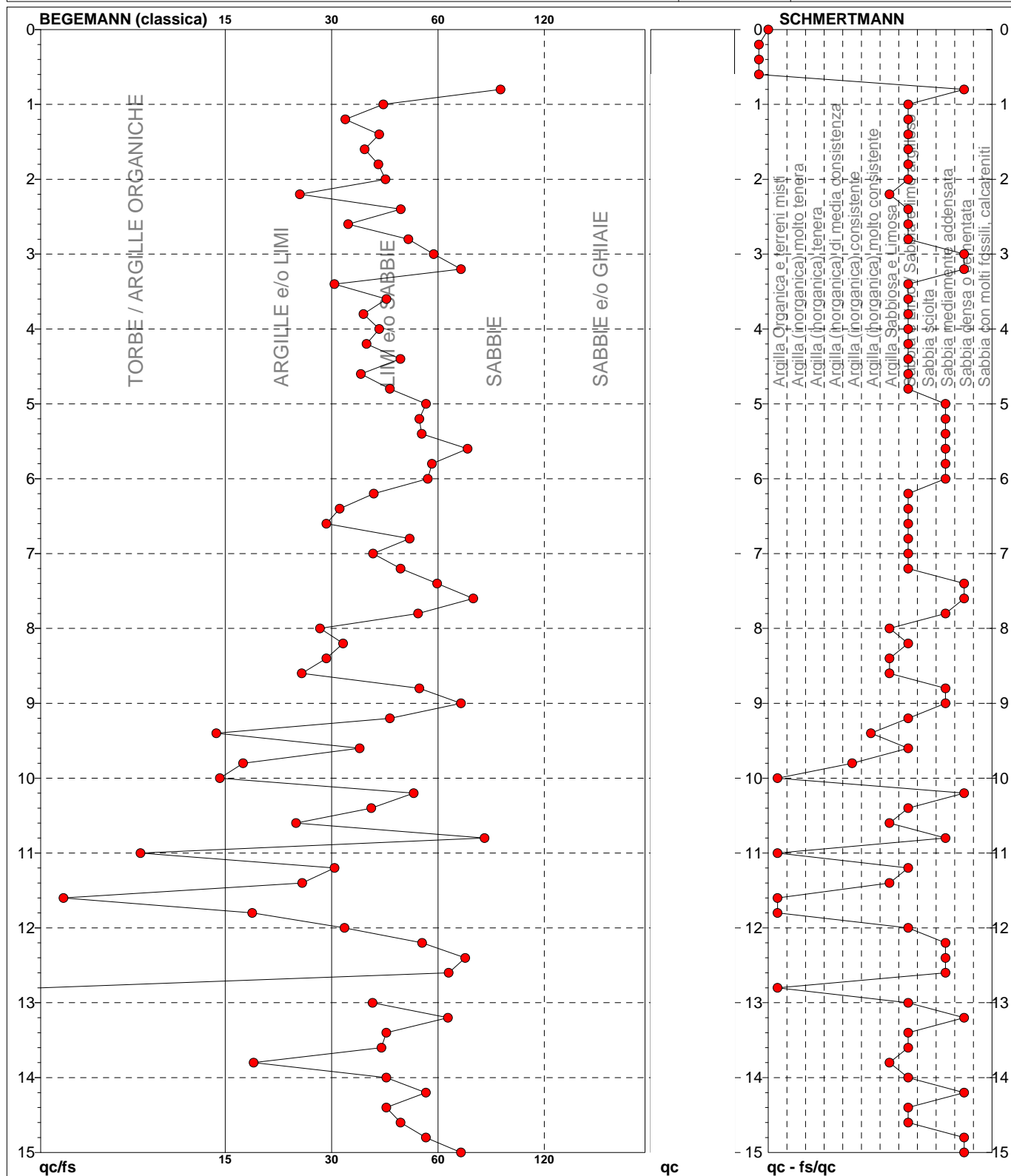
**3**

riferimento

SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**Cantiere: **Impianto fotovoltaico**Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:75**Pagina: **1**

Elaborato:

Data eseg.: **17/12/2010**Preforo: **-0,60 m**Falda: **Foro chiuso**

Torbe / Argille org. :	8 punti, 10,81%	Argilla Organica e terreni misti:	5 punti, 6,76%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 9,46%
Argille e/o Limi :	10 punti, 13,51%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia e Limi / Sabbia e limo arg.:	35 punti, 47,30%
Limi e/o Sabbie :	48 punti, 64,86%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia sciolta:	0 punti, 0,00%
Sabbie:	9 punti, 12,16%	Argilla (inorganica) media consist.:	0 punti, 0,00%	Sabbia mediamente addensata:	13 punti, 17,57%
Sabbie e/o Ghiaie :	0 punti, 0,00%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 1,35%	Sabbia densa o cementata:	10 punti, 13,51%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1,35%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	0 punti, 0,00%

Zona sismica: 3

FON034

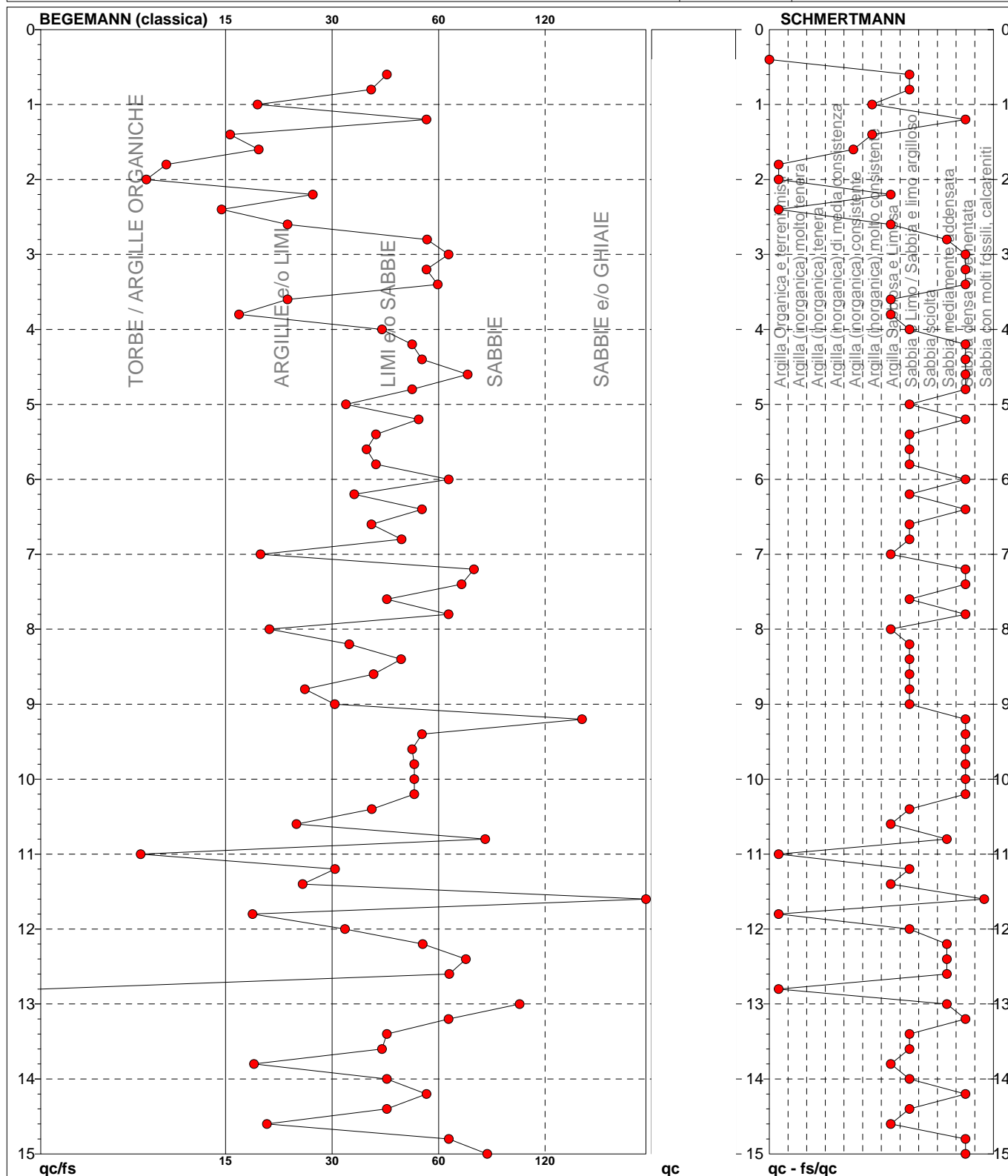
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°	<b>4</b>
riferimento	SI.PRO.

Committente: **SI.PRO.**  
 Cantiere: **Impianto fotovoltaico**  
 Località: **CAPRILE - CODIGORO (FE)**

U.M.: **kg/cm²**  
 Scala: **1:75**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:  
 Data eseg.: **17/12/2010**  
 Preforo: **-0,40 m**  
 Falda: **Foro chiuso**



Torbe / Argille org. :	6 punti, 8,11%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 8,11%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 13,51%
Argille e/o Limi :	17 punti, 22,97%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	23 punti, 31,08%
Limi e/o Sabbie :	40 punti, 54,05%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0,00%	Sabbia sciolta:	0 punti, 0,00%
Sabbie:	10 punti, 13,51%	Argilla (inorganica) media consist.:	0 punti, 0,00%	Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 8,11%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 2,70%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 1,35%	Sabbia densa o cementata:	24 punti, 32,43%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 2,70%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1,35%

Zona sismica: 3

FON034