



# COMUNE DI TRESIGNANA

PROVINCIA DI FERRARA



REGIONE EMILIA  
ROMAGNA



## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7.875 kWAC

Denominazione Impianto:

IMPIANTO TRESIGALLO 3

Ubicazione:

Via Rossetta n°SNC Comune di Tresignana (FE)

ELABORATO  
2.6

Cod. Doc.: 2.6

INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA,  
GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO

**Renew-co**  
engineering

**Renew-co Engineering S.r.l.**  
Viale Trieste 33  
CAP 63900, Fermo (FM),  
P.iva e C.F. 02553880442  
info@renew-co.com www.renew-co.com

Scala: --

Data:  
17.01.2024

PROGETTO

PRELIMINARE

DEFINITIVO

AS BUILT



TECNICI E PROFESSIONISTI:

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	17.01.2024	Prima Emissione			
02	08.04.2024	Integrazioni			




Il Tecnico:

Geol. Alessandro Mascitti  
Ordine Geologi Regione Marche

Il Richiedente:

RENEWABLE ADVENTURE 2 S.R.L.  
Via Venezia Giulia 4 - 63074 - San Benedetto del  
Tronto (AP)  
P.iva: 02469360446  
REA: AP - 277619

ELABORATO.: 2.6-VA-INT.	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 1 di 35

## INDICE

1. <i>PREMESSA</i> .....	2
2. <i>RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA del SOTTOSUOLO</i> .....	3
3. <i>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA e SISMICA DEL SOTTOSUOLO</i> .....	15
3.1 <i>Analisi statistica – valori caratteristici</i> .....	15
4. <i>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA</i> .....	17
5. <i>ANALISI SISMOGENETICA</i> .....	20
5.1 <i>Storia sismica (Database Macrosismico Italiano 2015 - DBMI15)</i> .....	20
6. <i>ANALISI DI LIQUEFAZIONE</i> .....	30
6.1 <i>Generale</i> .....	30
6.2 <i>Valutazione del potenziale o probabilità di liquefazione</i> .....	30
6.3 <i>NTC 2018</i> .....	30

ELABORATO.: 2.6-VA-INT.	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 2 di 35

1. PREMESSA


Il presente documento relativo agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici costituisce approfondimento ed integrazione in merito ad eventuali fenomeni di liquefazione di sito potenziali relativi all’area di intervento ed al progetto relativo ad un impianto agrivoltaico, di potenza nominale di picco pari a 9.772,80 kWp, da realizzarsi nel Comune di Tresignana (FE), in Via Rossetta, ai fini della costruzione di un impianto conforme alle vigenti prescrizioni di legge.

L’impianto sarà del tipo Grid Connected e l’energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con 1 connessione interrata in media tensione (15kV) alla Cabina Primaria esistente denominata “CP TRESIGALLO” di proprietà di Enel Distribuzione.

Il Produttore e Soggetto Responsabile, è la Società RENEWABLE ADVENTURE 2 SRL., la quale dispone dell’autorizzazione all’utilizzo dell’area su cui sorgerà l’impianto in oggetto. La denominazione dell’impianto, prevista nell’iter autorizzativo, è **“TRESIGALLO 3”**.

Si riporta di seguito la scheda di sintesi del progetto:

Impianto	TRESIGNANA 3
Comune (Provincia)	TRESIGNANA (FE)
Coordinate	Latitudine: 44°49'29.77"N Longitudine: 11°53'53.46"E
Superficie di impianto (Lorda)	14,06 ha
Potenza nominale (CC)	9.772,80 kWp
Potenza nominale (CA)	7.875 KW
Tensione di sistema (CC)	1.500 V
Regime di esercizio	Cessione Totale
Potenza in immissione richiesta	7.875 kW
Potenza in prelievo richiesta per usi diversi da servizi ausiliari	50 Kw
Tipologia di impianto	Strutture ad inseguimento Monoassiale
Moduli	N°16.288 da
	600 Wp
Inverter	N°45 di tipo “di Stringa” per installazione Outdoor
Tilt	tracker monoassiali
Azimuth	0°
Cabine	N°4 Power Station + N° 2 Cabina Utente + N°1 Cabina di Consegna

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 3 di 35

## 2. RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA del SOTTOSUOLO

La ricostruzione del modello stratigrafico preliminare del sito di intervento si basa sui dati provenienti dal catalogo dei dati geografici della Regione Emilia Romagna relativi al territorio comunale di Tresigallo e prossimi all'area di intervento, nonché riportati nello studio di MZS del territorio comunale. I terreni affioranti sono chiaramente riferibili a depositi di natura limoso-argillosa, a luoghi sabbioso-argillosa ed argillosa di natura alluvionale in superficie per poi presentare alternanze argillose e sabbiose in profondità (fino a -170m dal p.c.) come osservabile dalla stratigrafia dell'indagine 01\_Pozzo\_186150P632.

Il livello freatico stabilizzato individuato da tutte le indagini consultate è variabile da una quota minima dal p.c. di -1,00m ad una massima di circa -2,40m dal p.c..

In particolare le analisi che seguono si basano sull'indagine penetrometrica statica **02\_CPT\_186150C114\_CPT47** reperita dal database MOKA regionale e riportata nello studio di MZS comunale.

La configurazione stratigrafica del sito di intervento ha permesso di eseguire analisi correlative con le indagini reperite sia sotto l'aspetto geologico-stratigrafico-geotecnico che sotto l'aspetto sismico ben adattandosi al caso e permettendo di ricostruire una colonna stratigrafica media sulla base delle indagini di seguito riportate:


Sulla base della MZS di 3° livello l'area di intervento risulta, pur se non zonizzata completamente, afferente alla Zona 2003 – Stabile e suscettibile di amplificazione sismica a livello stratigrafico.

### Indagini meccaniche e sismiche

Dalle indagini consultate, di cui si riportano i dettagli, sia per le prospezioni geofisiche MASW, sia per la colonne stratigrafiche di sondaggi a carotaggio che prove penetrometriche statiche CPT, è stato possibile ricavare le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni affioranti anche con l'ausilio di analisi di laboratorio sui campioni prelevati.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini consultate e le schede di dettaglio relative con le prove rappresentative elencate di seguito:

- **01\_Pozzo\_186150P632 – P47 MZS**
- **02\_CPT\_186150C114\_CPT47**
- 03\_CPT\_186150C089
- 04\_MASW\_3186150J002.

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 4 di 35

Carta MOPS MZS 3° livello con id indagini e tipologia reperite e consultate







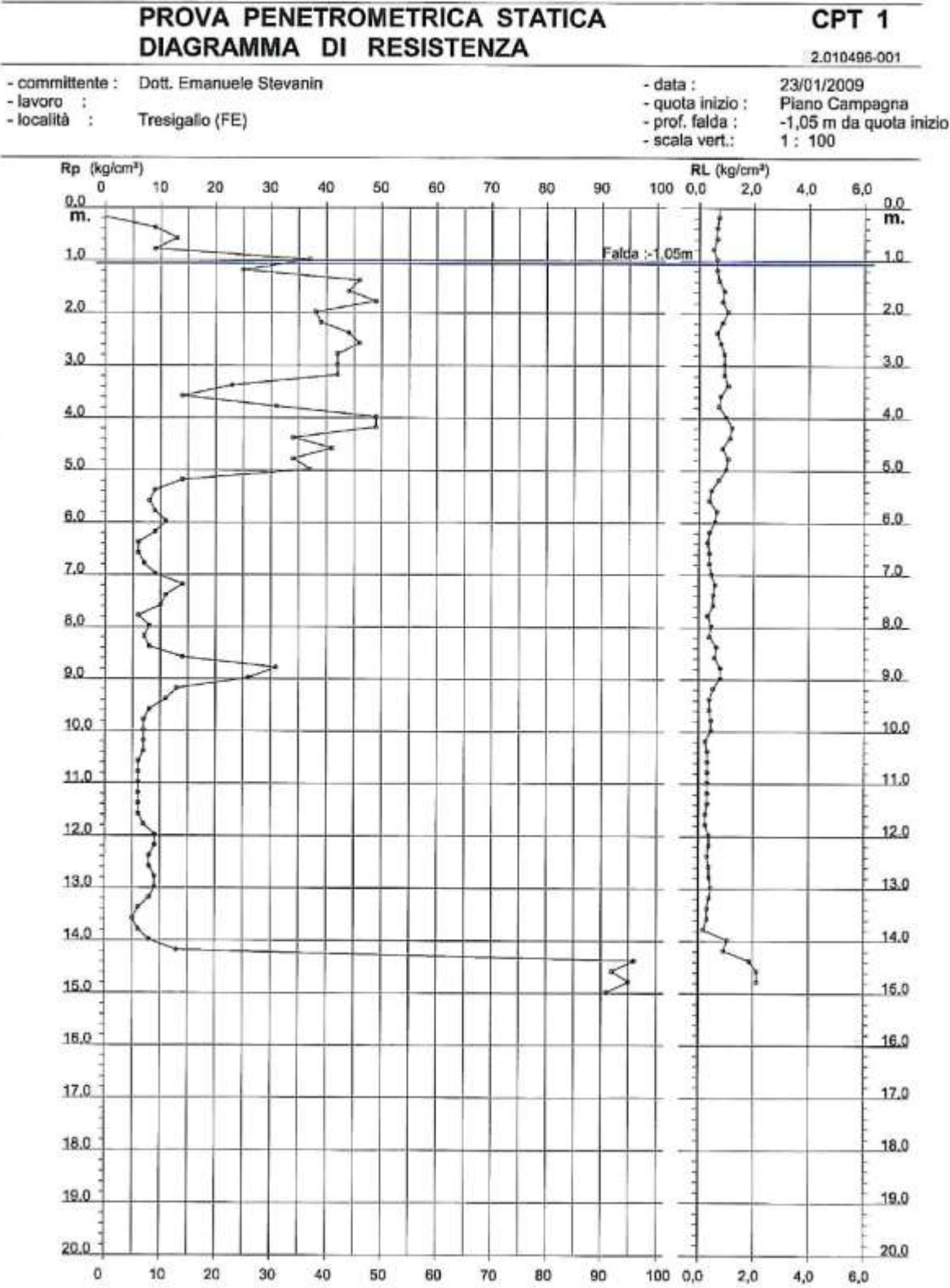
Profondità		Colonna Stratigr.	Descrizione litologica	Interpretazioni	Quota tetto
Da m	A m				
0	15		ARGILLA	IMPERMEABILE	
15	42		SABBIA	PERMEABILE	
42	48		ARGILLA	IMPERMEABILE	
48	52		SABBIA	PERMEABILE	
52	70		ARGILLA	IMPERMEABILE	
70	79		SABBIA	PERMEABILE	
79	90		ARGILLA	IMPERMEABILE	
90	105		SABBIA	PERMEABILE	
105	125		ARGILLA	IMPERMEABILE	
125	146		SABBIA	PERMEABILE	
146	159		ARGILLA	IMPERMEABILE	
159	170		SABBIA	PERMEABILE	
170			ARGILLA	IMPERMEABILE	
Bibliografia e osservazioni geologiche					
Completato il: 08/04/2024			Aggiornamenti		Controllato il: 08/04/2024

ELABORATO: 2.1-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO	Pagina 7 di 35


02\_CPT\_186150C114\_CPT47

pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.  
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6  
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Rifer. 014-09





ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 8 di 35

pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.  
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6  
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Rifer. 014-09

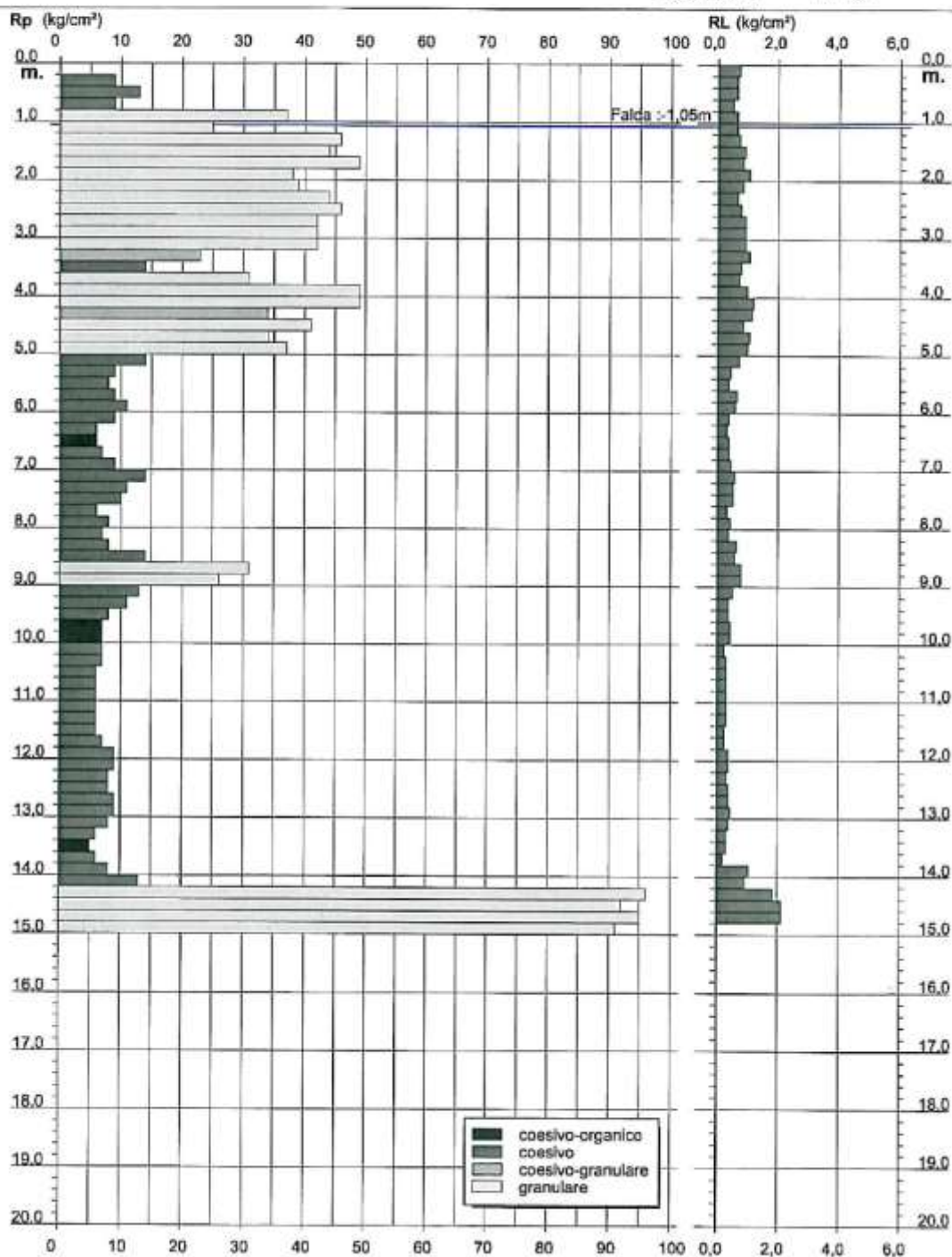
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.010496-001

- committente : Dott. Emanuele Stevanin  
- lavoro :  
- località : Tresigallo (FE)

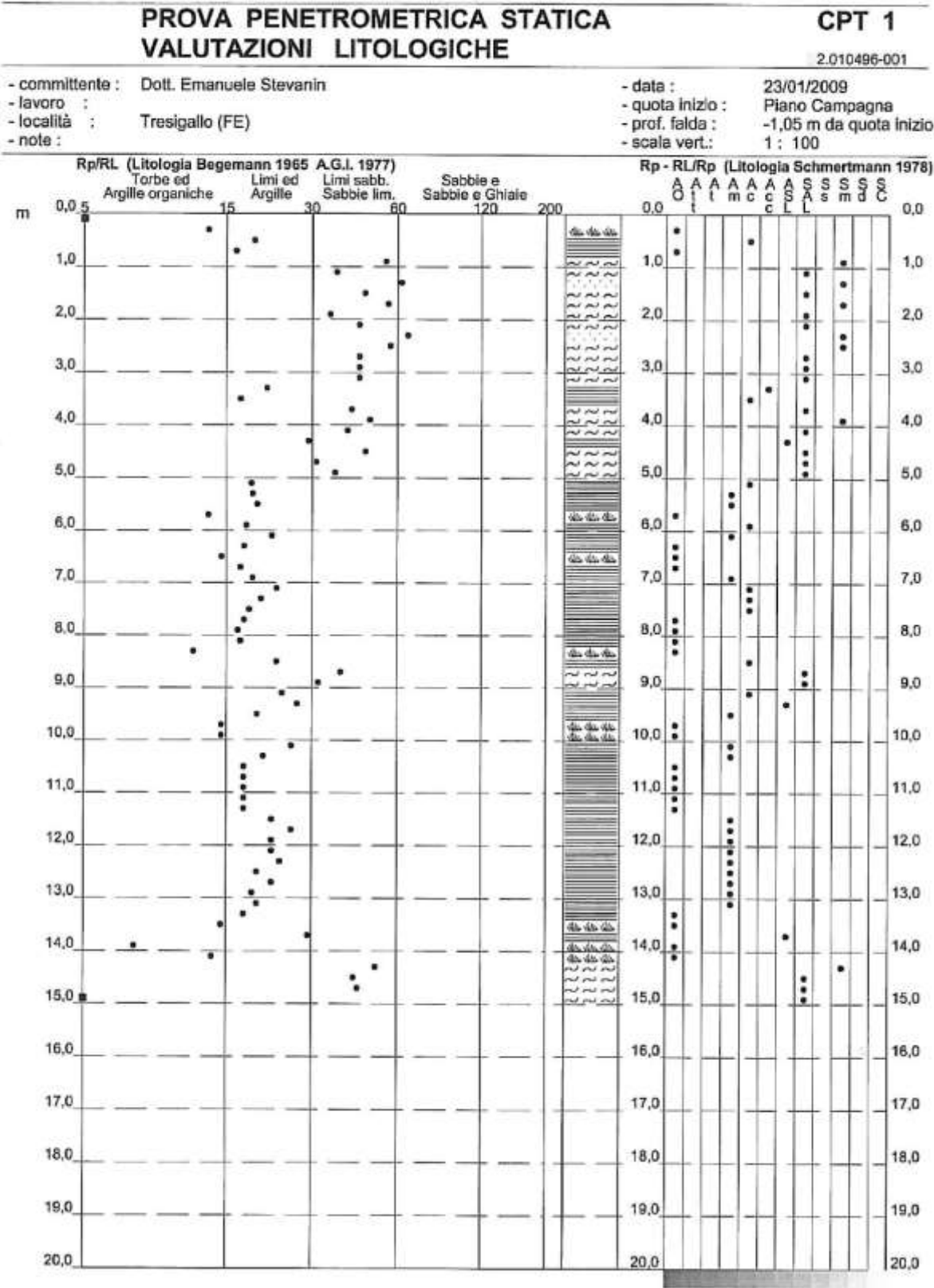
- data : 23/01/2009  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : -1,05 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



ELABORATO: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO	Pagina 9 di 35

pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.  
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6  
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Rifer. 014-09





PROGETTO DEFINITIVO

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC

Data:  
08.04.2024

**INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA. SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO**

Pagina 10 di  
35

pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin &amp; C.

sedes legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6

unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Rifer. 014-09

## PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Emanuele Stevanin

- lavoro :

- località : Tresigallo (FE)

- note :

- data : 23/01/2009

- quota inizio : Piano Campagna

- prof. falda : -1,05 m da quota inizio

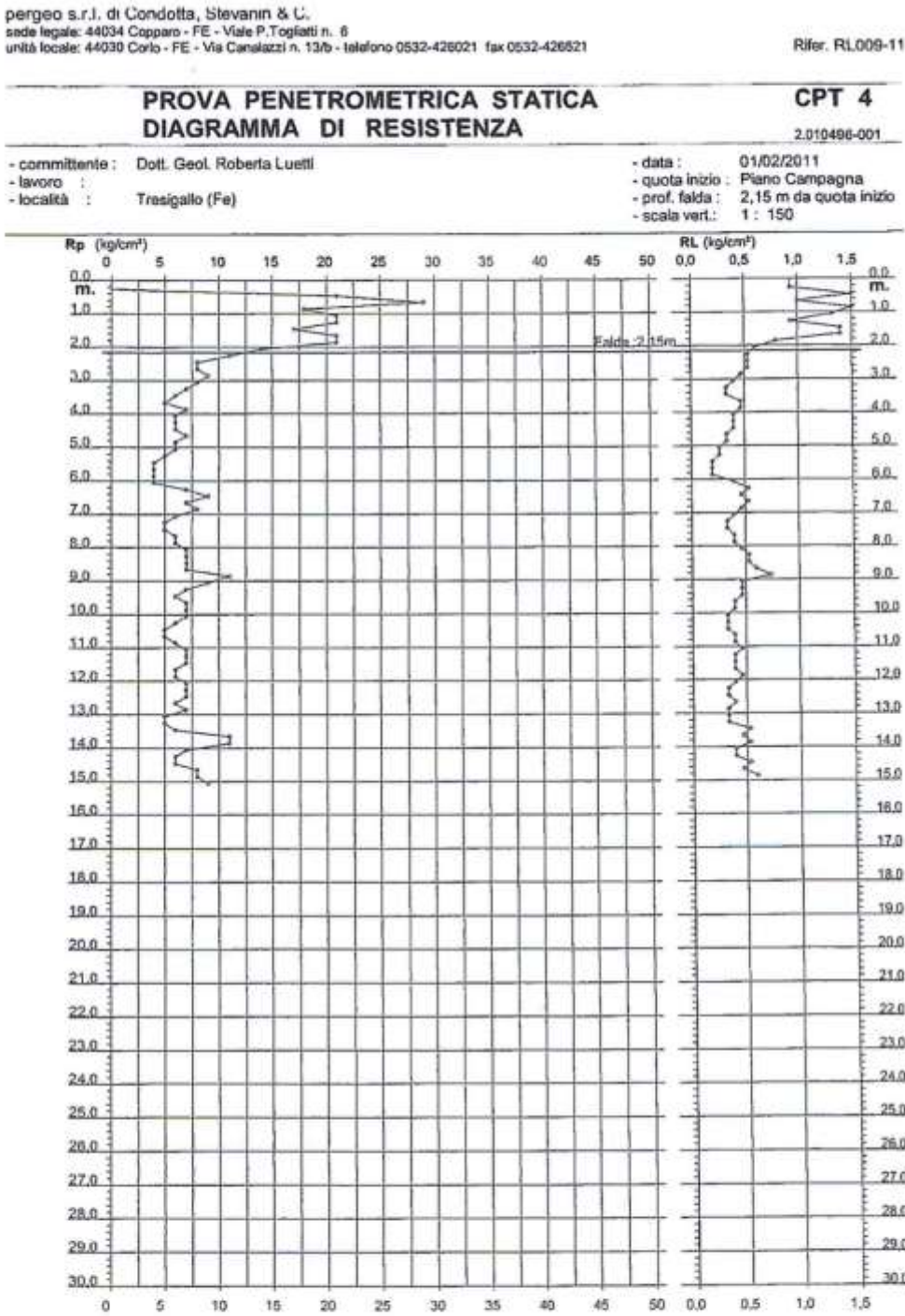
- pagina :

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litcl.	Y sm²	pVc kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	edm (°)	emy (°)	Amax/g (-)	E50 kg/cm²	E25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	-	-	777	1,85	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	9	13	2WV	1,85	0,07	0,45	60,0	77	115	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	13	19	2WV	1,85	0,11	0,60	52,2	103	164	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	9	17	2WV	1,85	0,15	0,45	25,2	77	115	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	37	56	3---	1,85	0,19	-	-	-	-	-	79	38	41	42	44	40	30	0,167	62	93	111
1,20	25	37	3---	0,88	0,20	-	-	-	-	-	63	37	39	41	43	38	28	0,140	42	63	75
1,40	46	63	3---	0,91	0,22	-	-	-	-	-	82	40	41	43	45	40	31	0,197	77	115	138
1,60	44	47	3---	0,91	0,24	-	-	-	-	-	79	39	41	42	44	40	31	0,165	73	110	132
1,80	49	57	3---	0,92	0,26	-	-	-	-	-	81	39	41	43	44	40	31	0,192	82	123	147
2,00	36	36	3---	0,90	0,27	-	-	-	-	-	70	36	40	42	44	39	30	0,160	53	95	114
2,20	39	49	3---	0,90	0,29	-	-	-	-	-	70	36	40	42	44	38	30	0,158	65	98	117
2,40	44	66	3---	0,91	0,31	-	-	-	-	-	72	36	40	42	44	39	31	0,165	73	110	132
2,60	46	57	3---	0,91	0,33	-	-	-	-	-	72	36	40	42	44	39	31	0,166	77	115	138
2,80	42	48	3---	0,90	0,35	-	-	-	-	-	68	36	39	41	43	38	30	0,153	70	108	126
3,00	42	45	3---	0,90	0,37	-	-	-	-	-	67	37	39	41	43	38	30	0,150	70	105	126
3,20	42	45	3---	0,90	0,38	-	-	-	-	-	68	37	39	41	43	37	30	0,146	70	105	126
3,40	23	22	4F-	0,94	0,42	0,67	16,4	148	221	69	44	34	36	39	41	34	28	0,089	38	58	69
3,60	14	17	2WV	0,94	0,42	0,64	10,5	158	162	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,80	31	42	3---	0,88	0,44	-	-	-	-	-	52	35	37	40	42	35	29	0,109	52	77	93
4,00	49	49	3---	0,92	0,46	-	-	-	-	-	67	37	39	41	43	37	31	0,149	82	123	147
4,20	49	41	3---	0,92	0,47	-	-	-	-	-	66	37	39	41	43	37	31	0,146	82	123	147
4,40	34	30	4F-	0,98	0,49	1,13	17,7	193	289	102	52	35	36	40	42	35	29	0,109	57	85	102
4,60	41	47	3---	0,90	0,51	-	-	-	-	-	58	36	38	40	43	36	30	0,124	68	103	123
4,80	34	32	3---	0,90	0,53	-	-	-	-	-	50	35	37	40	42	34	29	0,105	57	85	102
5,00	37	37	3---	0,89	0,55	-	-	-	-	-	52	35	36	40	42	35	30	0,110	62	93	111
5,20	14	14	2WV	0,94	0,57	0,64	7,3	140	211	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	9	19	2WV	0,88	0,58	0,45	4,5	163	244	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	8	20	2WV	0,86	0,60	0,40	3,8	170	254	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	9	13	2WV	0,88	0,62	0,45	4,2	173	259	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,00	11	16	2WV	0,91	0,64	0,54	5,1	176	263	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20	9	22	2WV	0,88	0,66	0,45	3,9	184	275	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,40	6	16	2WV	0,82	0,67	0,30	2,3	163	244	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	6	15	1---	0,46	0,68	0,30	2,3	35	52	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,80	7	17	2WV	0,84	0,70	0,35	2,7	182	273	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,00	9	19	2WV	0,86	0,72	0,45	3,5	202	303	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	14	23	2WV	0,94	0,73	0,64	5,3	201	301	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,40	11	21	2WV	0,91	0,75	0,54	4,1	210	315	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,60	10	19	2WV	0,90	0,77	0,50	3,7	217	326	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,80	6	16	2WV	0,82	0,79	0,30	1,9	170	255	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,00	6	17	2WV	0,86	0,80	0,40	2,6	209	313	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,20	7	17	2WV	0,84	0,82	0,35	2,2	193	289	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,40	8	12	2WV	0,86	0,84	0,40	2,5	212	318	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,60	14	23	2WV	0,94	0,86	0,64	4,3	239	359	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,80	31	39	3---	0,88	0,87	-	-	-	-	-	35	33	35	38	40	31	29	0,099	43	78	93
9,00	26	32	3---	0,87	0,89	-	-	-	-	-	29	32	35	38	40	30	28	0,095	43	65	78
9,20	13	24	2WV	0,93	0,91	0,60	3,8	256	395	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,40	11	27	2WV	0,91	0,93	0,54	3,2	257	396	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,60	6	20	2WV	0,86	0,95	0,40	2,1	221	331	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,80	7	15	1---	0,46	0,95	0,35	1,8	43	65	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,00	7	15	1---	0,46	0,96	0,35	1,8	43	65	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,20	7	26	2WV	0,84	0,98	0,35	1,7	201	301	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,40	7	21	2WV	0,84	1,00	0,35	1,7	201	302	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,60	6	18	2WV	0,82	1,01	0,30	1,4	176	265	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,80	6	18	2WV	0,82	1,03	0,30	1,3	177	266	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,00	6	18	2WV	0,82	1,05	0,30	1,3	177	266	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,20	6	16	2WV	0,82	1,06	0,30	1,3	177	266	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,40	6	16	2WV	0,82	1,06	0,30	1,3	178	266	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,60	6	22	2WV	0,82	1,10	0,30	1,2	176	267	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,80	7	26	2WV	0,84	1,11	0,35	1,5	204	307	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,00	9	22	2WV	0,86	1,13	0,45	2,0	252	379	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,20	9	22	2WV	0,86	1,15	0,45	1,9	253	380	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,40	8	24	2WV	0,86	1,16	0,40	1,7	231	346	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,60	8	20	2WV	0,86	1,18	0,40	1,5	231	347	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,80	9	22	2WV	0,88	1,20	0,45	1,8	256	383	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,00	9	19	2WV	0,88	1,22	0,45	1,6	256	385	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,20	8	20	2WV	0,86	1,23	0,40	1,5	233	349	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,40	6	18	2WV	0,82	1,25	0,30	1,1	180	269	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,60	5	15	1---	0,46	1,26	0,25	0,8	33	49	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,80	6	30	4F-	0,82	1,28	0,30	1,0	180	270	29	-	26	31	35	38	25	26	-	10	15	18
14,00	8	7	2WV	0,86	1,29	0,25	0,8	234	351	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14,20	13	14	2WV	0,93	1,31	0,60	2,4	325	486	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14,40	96	51	3---	0,99	1,33	-	-	-	-	-	64	37	39	41	43	35	34	0,140	160	240	288
14,60	92	43	3---	0,96	1,35	-	-	-	-	-	62	37	39	41	43	35	33	0,135	155	230	276
14,80	95	45	3---	0,99	1,37	-	-	-	-	-	63	37	39	41	43	35	34	0,137	156	238	285
15,00	91	-	3---	0,98	1,38	-	-	-	-	-	61	36	39	41	43	35	33	0,132	152	220	273



ELABORATO: 2.1-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO	Pagina 11 di 35

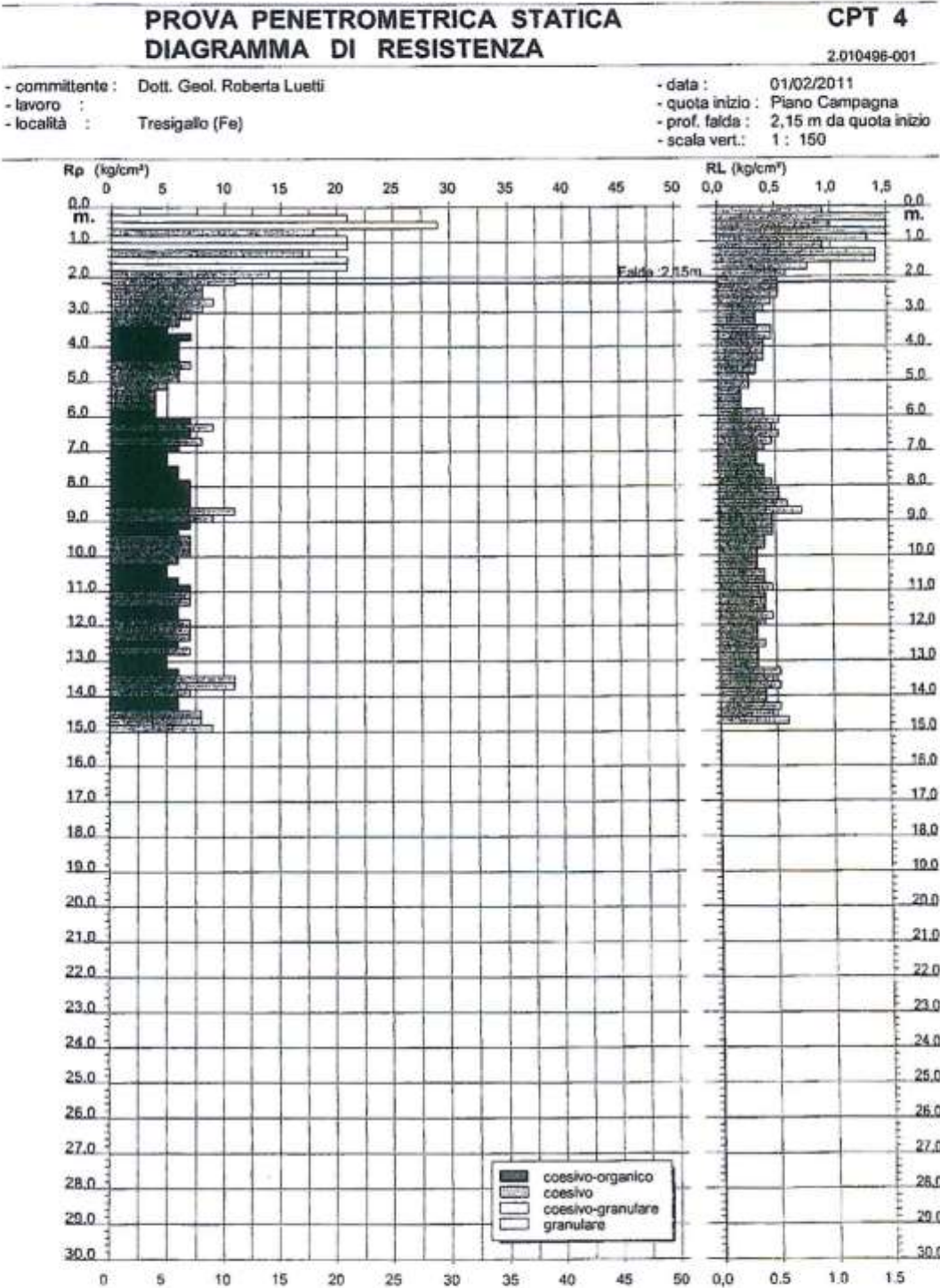
03\_CPT\_186150C089



ELABORATO: 2.1-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO	Pagina 12 di 35

pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.  
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6  
unità locale: 44030 Corio - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Rifer. RL009-11



Software by: Dr. D. Merlin - 0425/640820

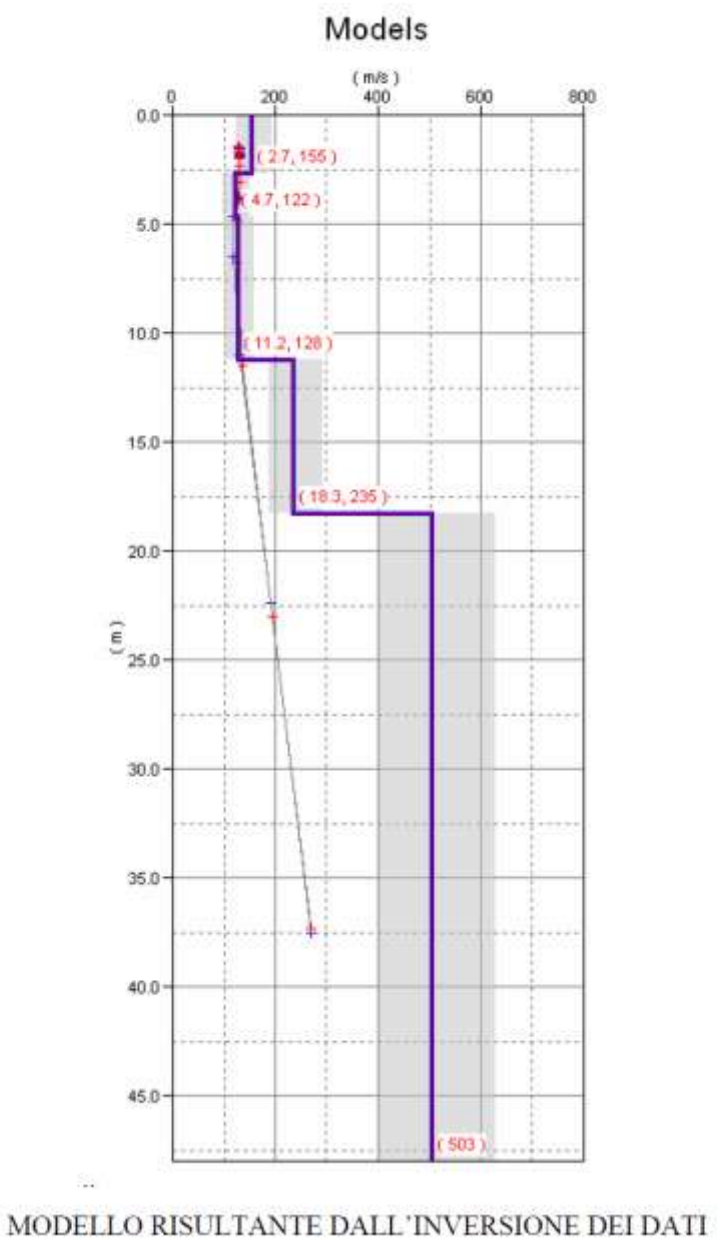
Acquisizione ed elaborazione dati geologici, geotecnici, idrogeologici ed ambientali





ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 14 di 35

04\_MASW\_3186150J002



ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p><b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b></p>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 15 di 35

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA e SISMICA DEL SOTTOSUOLO

#### Sintesi Parametri geotecnici

Il modello litologico del sottosuolo è stato ricostruito a partire dalla cartografia geologica al foglio 76 "Ferrara" e dai dati disponibili nel database regionale in particolare all'indagine 04\_CPT\_186150C089. È stato così possibile ricostruire gli assetti litologici, stratigrafici e strutturali dei terreni costituenti il substrato. Le unità litologico-tecniche sono state caratterizzate per strati con spessore di 0.20m sulla base della prova statica.

Per maggior dettaglio e per correlazione sono stati consultati anche dati derivanti da ulteriori prove penetrometriche statiche, sondaggi a carotaggio continuo ed indagini geofisiche ai fini della definizione del valore del  $V_{seq}$  oltre che per correlazioni stratigrafiche e litotecniche.

Di seguito si riportano le schede di dettaglio della prova CPT con la caratterizzazione litotecnica di dettaglio per strato medio fino alla profondità di 15,00m dal p.c..

Tali valori rappresentano i parametri medi degli orizzonti investigati.

#### 3.1 Analisi statistica – valori caratteristici

I valori caratteristici dell'angolo di attrito e della coesione ottenuti dalla prova CPT considerata, qualora si abbia a disposizione esclusivamente un elemento di caratterizzazione per ogni unità geotecnica, risultano stimati per mezzo della formula semplificata di Schneider (Schneider, H. R., Definition and determination of characteristic soil properties, Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Hamburg 1997, Balkema, Rotterdam):

$$X_k = X_m \times [1 - (COV/2)]$$

$X_k$  = valore caratteristico

$X_m$  = valore medio

COV coefficiente di variazione

=> per angolo di attrito  $\phi' = 10\%$  (0.10)

=> per coesione efficace  $C' = 40\%$  (0.40)

Pertanto i valori per singolo strato dedotti dalla prova possono essere corretti sulla base delle relazioni sopra riportate ed ottenere i valori caratteristici corretti statisticamente.

Si ricorda che l'EC7, al punto 2.4.5.2 2, definisce che "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite". Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. In geotecnica è circostanza frequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati. Una obiezione frequente al trattamento statistico è che questo non può essere eseguito con pochi dati. Al contrario, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza a priori regionale e locale, un trattamento statistico è possibile anche nel caso estremo di un solo dato a disposizione (o, al limite, di nessun dato disponibile, in questo caso facendo affidamento esclusivamente sulla conoscenza pregressa). Quando ci troviamo in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota.

In base a quanto sopra esposto, i parametri geotecnici possono essere determinati con formula semplificata di Schneider sui valori medi riscontrati e dalle indagini reperite.

ELABORATO: 2.1-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO	Pagina 16 di 35

pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.  
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6  
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Rifer. 014-09

PROVA PENETROMETRICA STATICA											CPT 1										
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI											2.010496-001										
- committente : Dott. Emanuele Stevanin											- data : 23/01/2009										
- lavoro :											- quota inizio : Piano Campagna										
- località : Tresigallo (FE)											- prof. falda : -1,05 m da quota inizio										
- note :											- pagina : 1										
NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litcl.	Y' s/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	-	-	777	1,85	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	9	13	2WV	1,85	0,07	0,45	60,0	77	115	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	13	19	2WV	1,85	0,11	0,60	52,2	103	154	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	9	17	2WV	1,85	0,15	0,45	25,2	77	115	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	37	55	3---	1,85	0,19	-	-	-	-	-	79	38	41	42	44	40	30	0,167	62	93	111
1,20	25	37	3---	0,88	0,20	-	-	-	-	-	63	37	39	41	43	38	28	0,140	42	63	75
1,40	46	63	3---	0,91	0,22	-	-	-	-	-	82	40	41	43	45	40	31	0,197	77	115	138
1,60	44	47	3---	0,91	0,24	-	-	-	-	-	79	39	41	42	44	40	31	0,165	73	110	132
1,80	49	57	3---	0,92	0,26	-	-	-	-	-	81	39	41	43	44	40	31	0,192	82	123	147
2,00	36	36	3---	0,90	0,27	-	-	-	-	-	70	36	40	42	44	39	30	0,160	63	95	114
2,20	39	45	3---	0,90	0,29	-	-	-	-	-	70	36	40	42	44	38	30	0,156	65	98	117
2,40	44	66	3---	0,91	0,31	-	-	-	-	-	72	36	40	42	44	39	31	0,165	73	110	132
2,60	46	57	3---	0,91	0,33	-	-	-	-	-	72	36	40	42	44	39	31	0,166	77	115	138
2,80	42	45	3---	0,90	0,35	-	-	-	-	-	68	36	39	41	43	38	30	0,153	70	105	126
3,00	42	45	3---	0,90	0,37	-	-	-	-	-	67	37	39	41	43	38	30	0,160	70	105	126
3,20	42	45	3---	0,90	0,38	-	-	-	-	-	68	37	39	41	43	37	30	0,146	70	105	126
3,40	23	22	4I/c	0,94	0,40	0,87	16,4	148	221	69	44	34	35	39	41	34	28	0,069	38	58	69
3,60	14	17	2WV	0,94	0,42	0,64	10,5	108	162	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,80	31	42	3---	0,88	0,44	-	-	-	-	-	52	35	37	40	42	35	29	0,109	52	78	93
4,00	49	49	3---	0,92	0,46	-	-	-	-	-	67	37	39	41	43	37	31	0,149	82	123	147
4,20	49	41	3---	0,92	0,47	-	-	-	-	-	66	37	39	41	43	37	31	0,146	82	123	147
4,40	34	30	4I/c	0,98	0,49	1,13	17,7	193	289	102	52	35	36	40	42	35	29	0,109	57	85	102
4,60	41	47	3---	0,90	0,51	-	-	-	-	-	58	36	38	40	43	36	30	0,124	58	103	123
4,80	34	32	3---	0,89	0,53	-	-	-	-	-	50	35	37	40	42	34	29	0,105	57	85	102
5,00	37	37	3---	0,89	0,55	-	-	-	-	-	52	35	36	40	42	35	30	0,110	62	93	111
5,20	14	19	2WV	0,94	0,57	0,64	7,3	140	211	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	9	19	2WV	0,88	0,58	0,45	4,5	163	244	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	8	20	2WV	0,86	0,60	0,40	3,8	170	254	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	9	13	2WV	0,88	0,62	0,45	4,2	173	259	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,00	11	16	2WV	0,91	0,64	0,54	5,1	176	263	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20	9	22	2WV	0,88	0,66	0,45	3,9	184	275	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,40	6	16	2WV	0,82	0,67	0,30	2,3	163	244	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	6	15	1---	0,46	0,68	0,30	2,3	35	52	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,80	7	17	2WV	0,84	0,70	0,35	2,7	162	273	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,00	9	19	2WV	0,88	0,72	0,45	3,5	202	303	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	14	23	2WV	0,94	0,73	0,64	5,3	201	301	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,40	11	21	2WV	0,91	0,75	0,54	4,1	210	315	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,60	10	19	2WV	0,90	0,77	0,50	3,7	217	326	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,80	6	16	2WV	0,82	0,79	0,30	1,9	170	255	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,00	6	17	2WV	0,86	0,80	0,40	2,6	209	313	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,20	7	17	2WV	0,84	0,82	0,35	2,2	193	289	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,40	8	12	2WV	0,86	0,84	0,40	2,5	212	318	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,60	14	23	2WV	0,94	0,86	0,64	4,3	239	359	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,80	31	39	3---	0,88	0,87	-	-	-	-	-	35	33	35	38	41	31	29	0,069	52	78	93
9,00	26	32	3---	0,67	0,89	-	-	-	-	-	29	32	35	37	40	30	26	0,055	43	65	78
9,20	13	24	2WV	0,93	0,91	0,60	3,8	256	385	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,40	11	27	2WV	0,91	0,93	0,54	3,2	257	396	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,60	8	20	2WV	0,86	0,95	0,40	2,1	221	331	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,80	7	15	1---	0,46	0,95	0,35	1,8	43	65	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,00	7	15	1---	0,46	0,96	0,35	1,8	43	65	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,20	7	26	2WV	0,84	0,98	0,35	1,7	201	301	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,40	7	21	2WV	0,84	1,00	0,35	1,7	201	302	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,60	6	16	2WV	0,82	1,01	0,30	1,4	176	265	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,80	6	16	2WV	0,82	1,03	0,30	1,3	177	265	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,00	6	18	2WV	0,82	1,05	0,30	1,3	177	266	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,20	6	16	2WV	0,82	1,06	0,30	1,3	177	266	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,40	6	16	2WV	0,82	1,08	0,30	1,3	178	266	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,60	6	22	2WV	0,82	1,10	0,30	1,2	178	267	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,80	7	26	2WV	0,84	1,11	0,35	1,5	204	307	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,00	9	22	2WV	0,88	1,13	0,45	2,0	252	379	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,20	9	22	2WV	0,88	1,15	0,45	1,9	253	380	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,40	8	24	2WV	0,86	1,16	0,40	1,7	231	346	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,60	8	20	2WV	0,86	1,18	0,40	1,6	231	347	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,80	9	22	2WV	0,88	1,20	0,45	1,8	256	383	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,00	9	19	2WV	0,88	1,22	0,45	1,8	256	385	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,20	8	20	2WV	0,86	1,23	0,40	1,5	233	349	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,40	6	18	2WV	0,82	1,25	0,30	1,1	180	269	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,60	5	15	1---	0,46	1,26	0,25	0,8	33	49	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,80	6	34	4I/c	0,82	1,28	0,30	1,0	180	270	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14,00	8	7	2WV	0,88	1,29	0,40	1,4	234	361	35	-	26	31	35	38	25	26	-	10	15	18
14,20	13	14	2WV	0,93	1,31	0,60	2,4	325	468	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14,40	96	51	3---	0,89	1,33	-	-	-	-	-	64	37	39	41	43	35	34	0,140	160	240	288
14,60	92	43	3---	0,95	1,35	-	-	-	-	-	62	37	39	41	43	35	33	0,136	153	230	276
14,80	95	45	3---	0,99	1,37	-	-	-	-	-	63	37	39	41	43	35	34	0,137	156	238	285
15,00	91	-	3---	0,98	1,38	-	-	-	-	-	61	36	39	41	43	35	33	0,132	152	220	273



ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 17 di 35

#### 4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Per l'area in studio sono state reperite indagini geofisiche sempre dal database regionale ed in particolare si farà riferimento ad una indagine MASW (05\_MASW\_3186150J002) in correlazione con le prove CPT e sondaggio S in precedenza consultate e reperite caratterizzanti l'area di intervento.

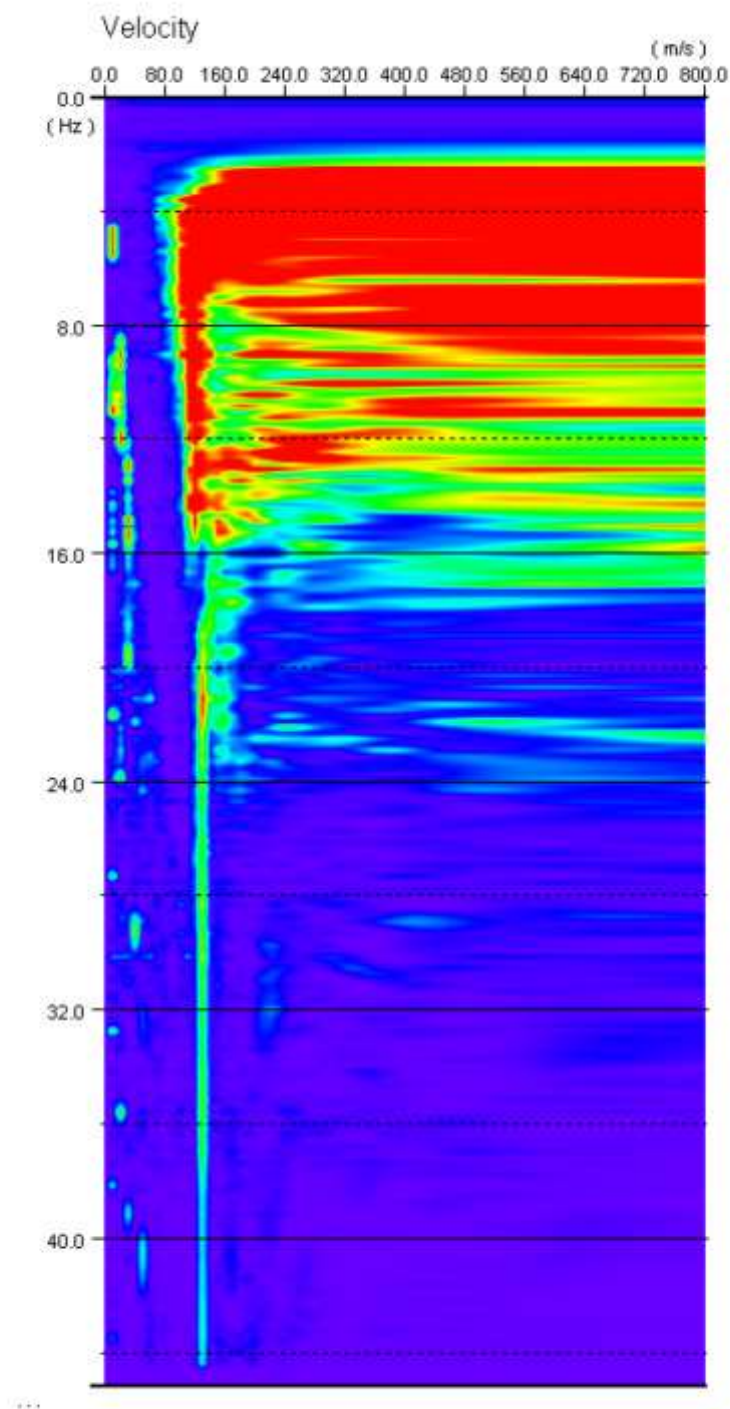
L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a quasi 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è attorno allo 0,3%.

Il valore di Vseq risultante dalla lettura dei tempi di arrivo delle onde S dalla prova consultata MASW è di 217 m/s e quindi la Categoria di suolo di fondazione è C.



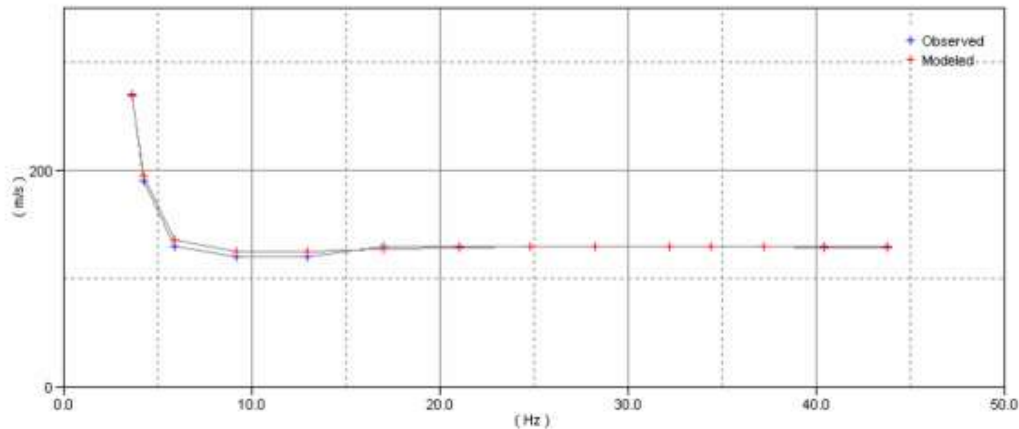
ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 18 di 35



CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA; METODO ATTIVO E PASSIVO.

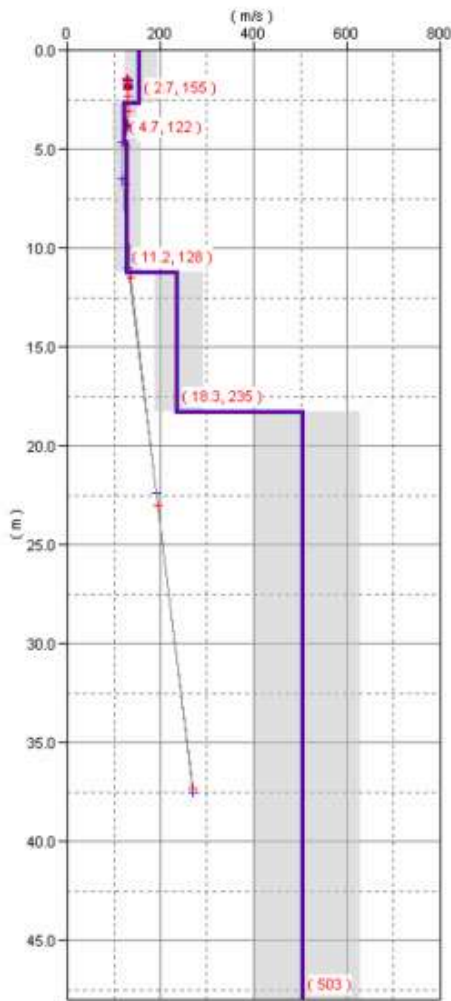
ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 19 di 35

Dispersion Curves




CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Models



MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 20 di 35

## 5. ANALISI SISMOGENETICA

### 5.1 Storia sismica (Database Macrosismico Italiano 2015 - DBMI15)

Fonte : [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT\\_47889](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_47889)

#### Premessa

La prima versione disponibile al pubblico del Database Macrosismico Italiano risale al maggio 2007 (DBMI04; Stucchi et al., 2007). Esso conteneva i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del catalogo parametrico rilasciato nel maggio 2004 (CPTI04; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004), a sua volta utilizzato per la compilazione della Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (MPS04, Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Nel dicembre 2008 sono state pubblicate online le porzioni 1901-2006 del catalogo CPTI08 e del relativo Database Macrosismico DBMI08. Nel gennaio 2009 è stato avviato il completamento del catalogo e del database macrosismico, con riferimento alla porzione pre-1900. Questa operazione ha comportato anche un aggiornamento dei contenuti relativi alla finestra temporale già pubblicata. Alla data del 6 aprile 2009 il catalogo parametrico e il database macrosismico erano appena stati sottoposti all'ultima tornata di verifiche. Gli autori hanno allora ritenuto opportuno accelerare la pubblicazione di una porzione del catalogo e del Database Macrosismico, definite CPTI08aq (Rovida e Gruppo di Lavoro CPTI, 2009) e DBMI08aq (Locati e Gruppo di Lavoro DBMI, 2009), relative ad un'area comprendente la zona colpita dai terremoti dell'Aquilano, per consentire agli operatori impegnati nell'area di utilizzare dati aggiornati.

Nel 2010 è stata pubblicata una versione aggiornata del database, denominata DBMI10beta, che copre la finestra temporale 1000-2006. Questa versione è stata resa disponibile ai ricercatori che operano nell'ambito di progetti dell'Istituto per un periodo di sperimentazione.

Oggi viene rilasciata la terza versione pubblica denominata DBMI11, che raccoglie le osservazioni emerse nel corso del predetto periodo. Questa versione non contiene i risultati di alcuni sviluppi metodologici realizzati nell'ambito del progetto EC "SHARE" (Seismic Hazard Harmonization in Europe); inoltre, non utilizza ancora un considerevole quantitativo di nuove informazioni reso disponibile da: Molin et al. (2008); Camassi et al. (2011); la versione 2009 di ECOS (Faeh et al., 2011) e la versione 2010 di SisFrance (SisFrance, 2010). Questi elementi, unitamente ad altri sviluppi, verranno considerati per la prossima versione del database.

#### Introduzione

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 è stata rilasciata a luglio 2016 e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI11 (Locati et al., 2011).

DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI tendono a essere pubblicati allo stesso tempo e usando una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web, uno dedicato a DBMI, e uno a CPTI. Con la versione 2015 si è deciso di rendere disponibile le due banche dati DBMI15 e CPTI15 (Rovida et al., 2016) da un unico punto di accesso online al fine di rendere più comoda e funzionale la consultazione.

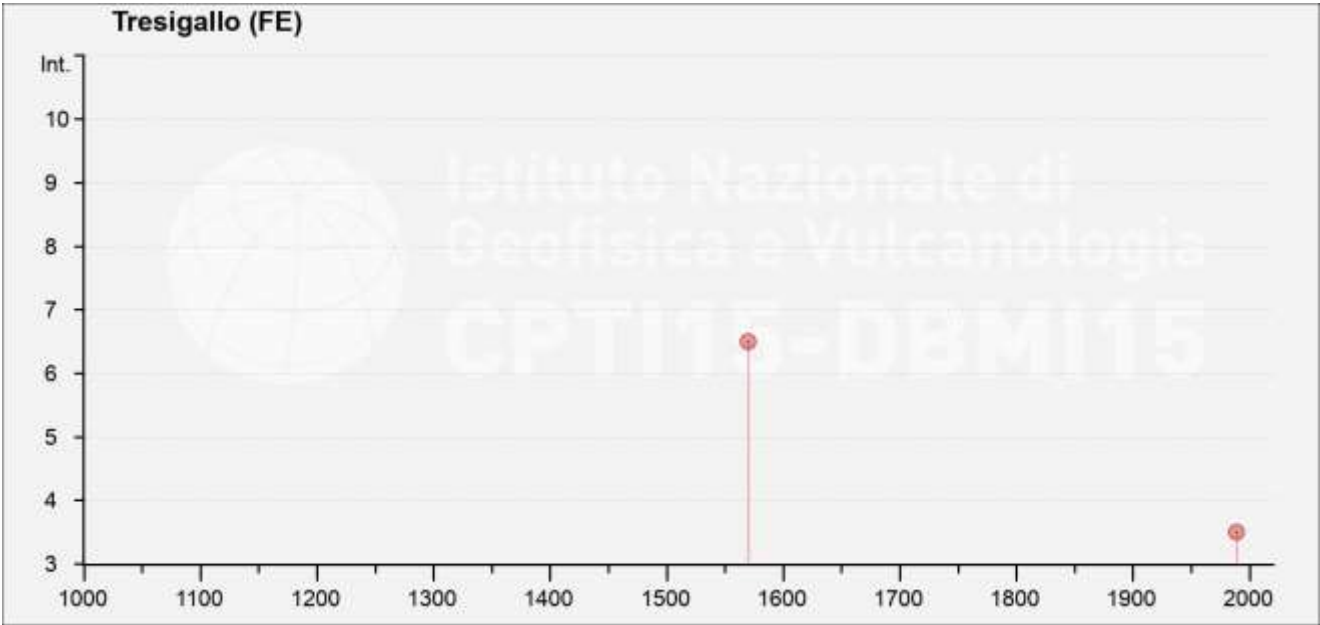
ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 21 di 35

DBMI15 contiene 122701 dati di intensità relativi a 3212 terremoti. L’incremento numerico di terremoti con dati di intensità e di osservazioni macrosismiche rispetto alle due precedenti versioni DBMI04 (Stucchi et al., 2007) e DBMI11 è molto consistente.

5.2 Storia sismica di area di Comacchio

Seismic history of	Tresigallo
PlaceID	IT_41004
Coordinates (lat, lon)	44.818, 11.894
Municipality (ISTAT 2015)	Tresigallo
Province	Ferrara
Region	Emilia-Romagna
No. of reported earthquakes	4

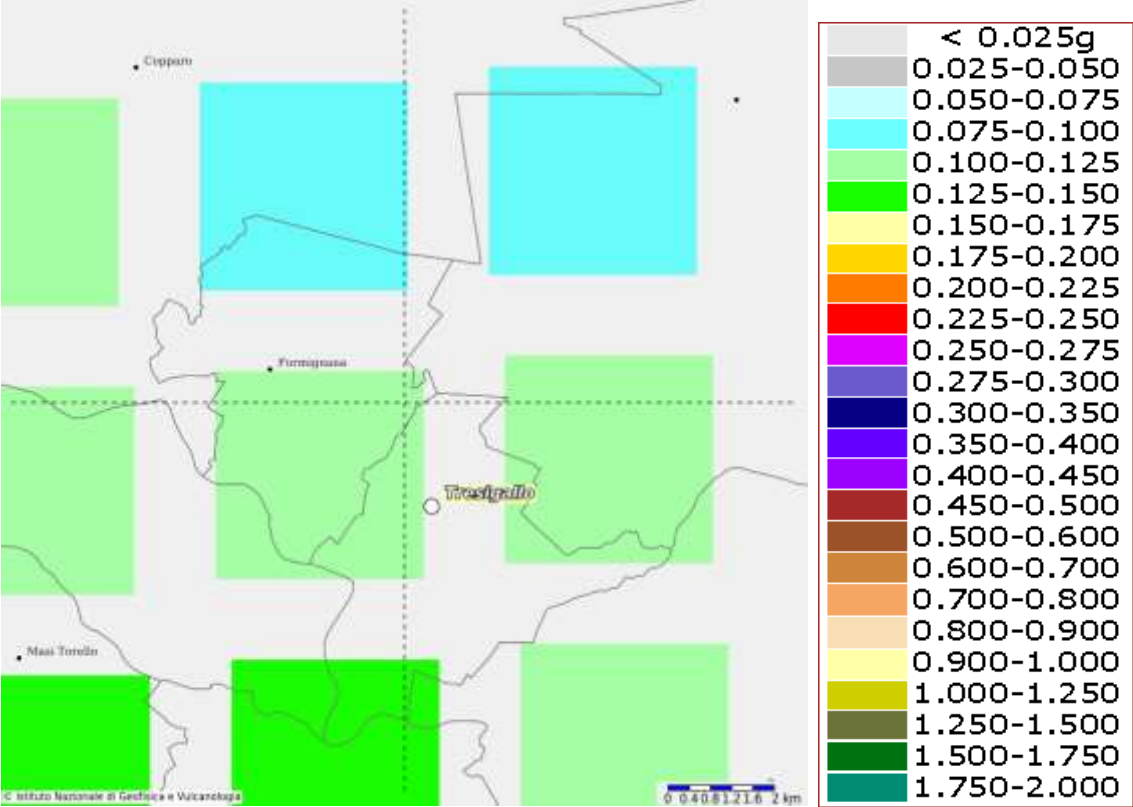
Int. at place	N	Year	Month	Day	Hour	Min	Sec	Epicentral Area	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef
6-7	361	1570	11	17	19	10		Ferrarese	44.824	11.632		7-8	5.44	0.17
NF	3508	1986	12	6	17	7	19.77	Ferrarese	44.947	11.444	23.5	6	4.43	0.08
3-4	3594	1989	9	13	21	54	1.5	Prealpi Vicentine	45.882	11.264	9	6-7	4.85	0.1
NF	4274	2005	7	15	15	17	18	Forlivese	44.207	12.117	22.8	4-5	4.29	0.07



ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 22 di 35

MAPPA INTERATTIVA PERICOLOSITA' SISMICA da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> (ag)

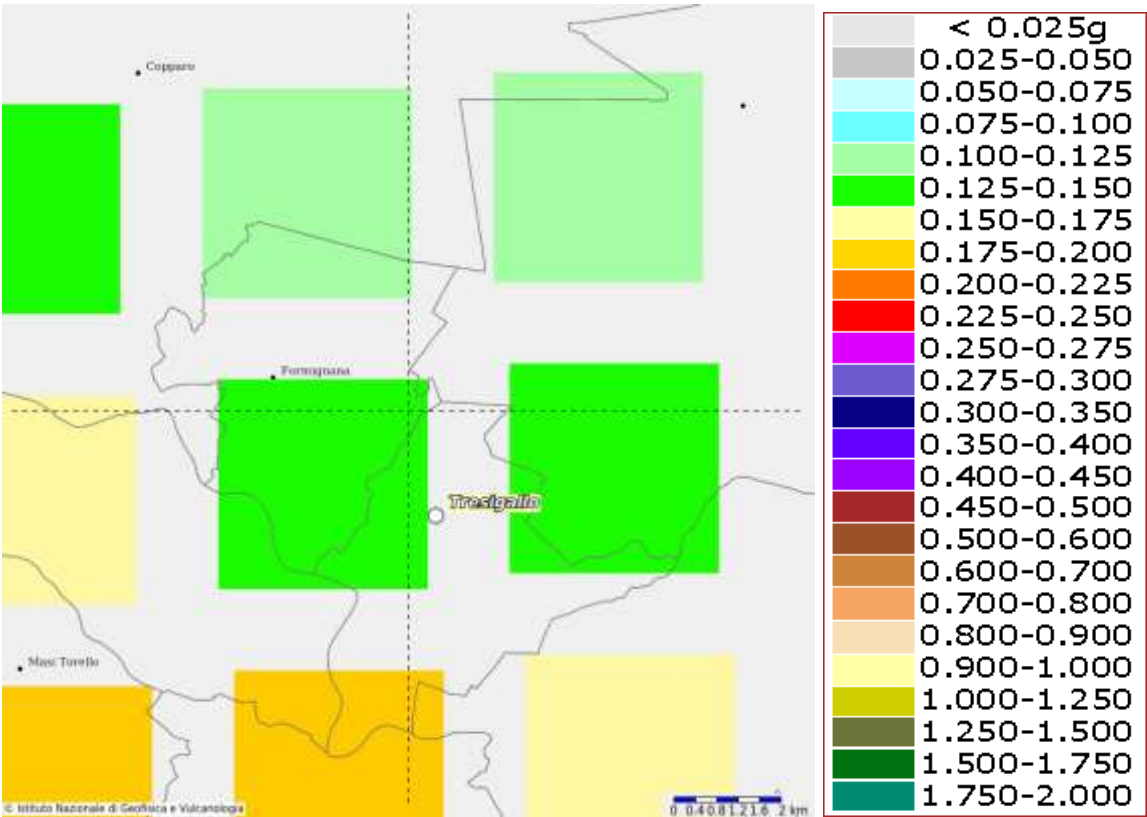
Considerando l'area in cui ricade l'opera in oggetto ed i dati sopra elencati, l'ag attesa, la Magnitudo massima attesa per il sito in esame allo SLV risulta essere il seguente (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>):



Probabilità in 50 anni 10%, Percentile 50 (SLV)

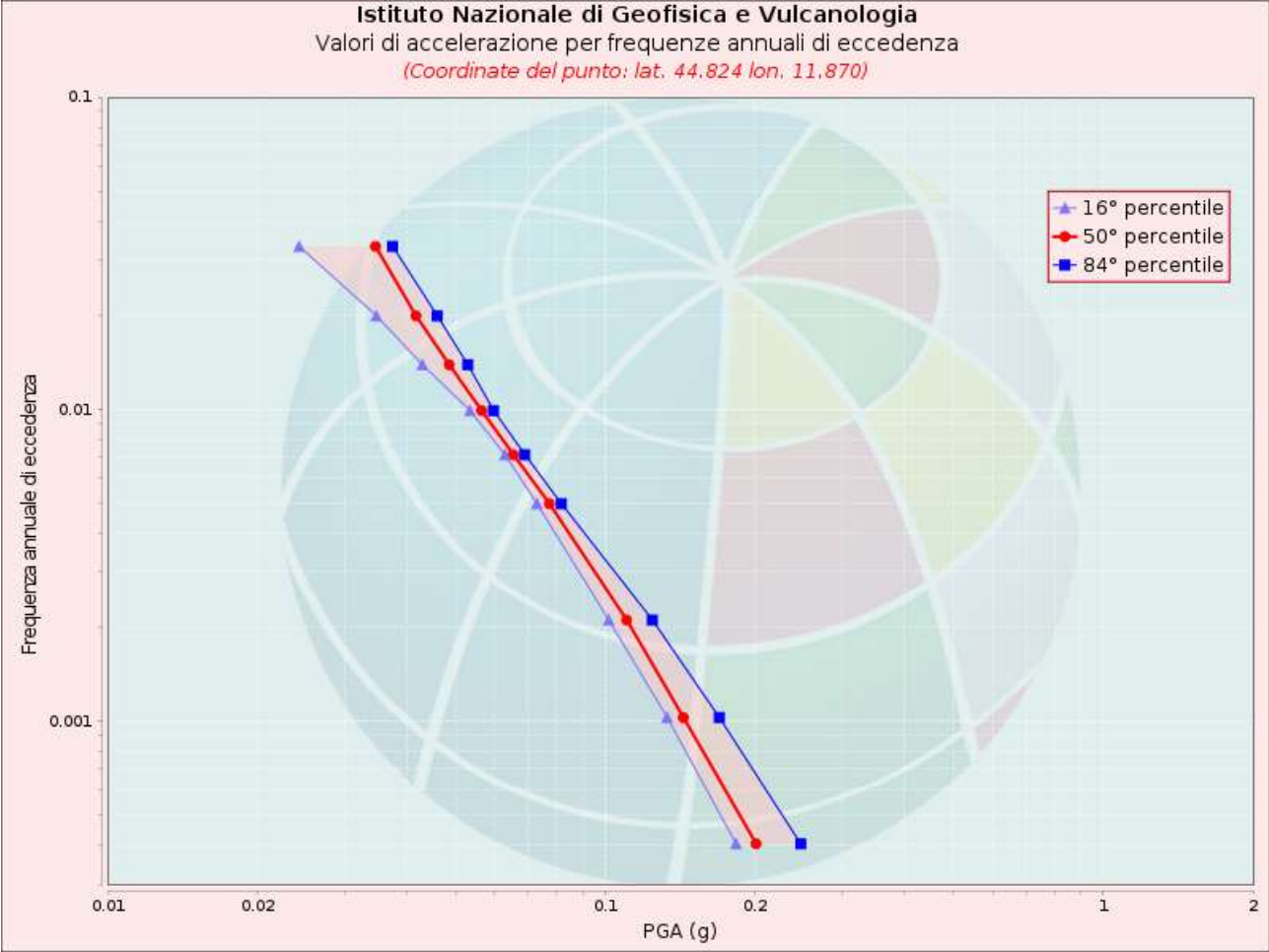


ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 23 di 35



Probabilità in 50 anni 5%, Percentile 50 (SLV)

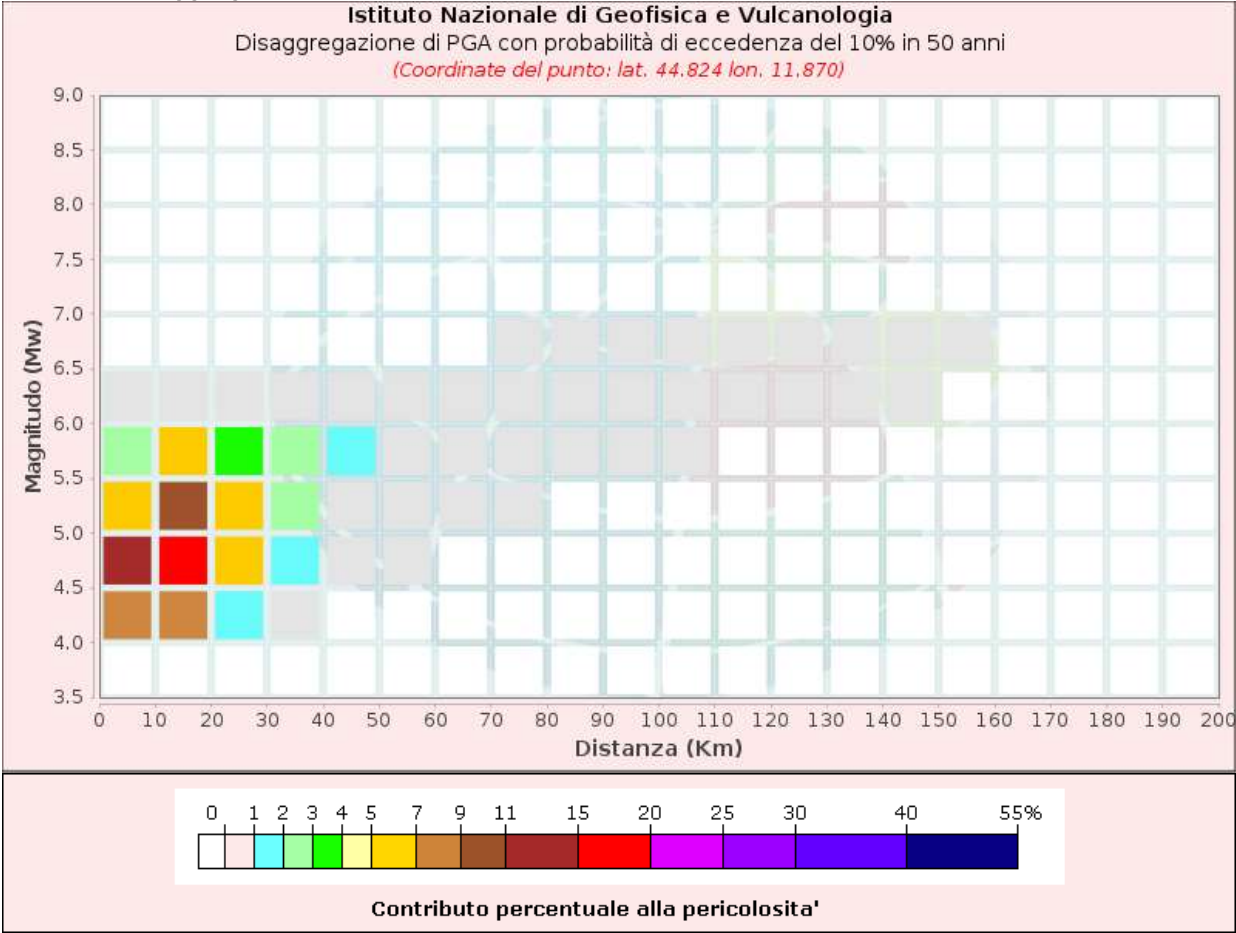
ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 24 di 35




Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 44.824 lon. 11.870)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1832	0.2010	0.2470
0.0010	0.1332	0.1436	0.1695
0.0021	0.1016	0.1105	0.1244
0.0050	0.0730	0.0773	0.0817
0.0071	0.0629	0.0654	0.0690
0.0099	0.0535	0.0565	0.0597
0.0139	0.0429	0.0486	0.0530
0.0199	0.0347	0.0417	0.0460
0.0332	0.0243	0.0346	0.0374

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 25 di 35

Grafico di Disaggregazione



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.824 lon. 11.870)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	8.9500	14.6000	6.7900	2.7500	0.2900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	7.1700	15.5000	10.5000	5.8600	0.7440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.6700	5.0900	5.0900	3.9300	0.6030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.1990	1.4200	2.1600	2.1800	0.3890	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.2120	0.8840	1.1600	0.2010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0042	0.2540	0.5580	0.0812	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0351	0.2480	0.0422	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.1000	0.0481	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0383	0.0624	0.0117	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0648	0.0180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0492	0.0184	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0272	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0090	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 26 di 35

130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038	0.0054	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.01	16.4	0.812

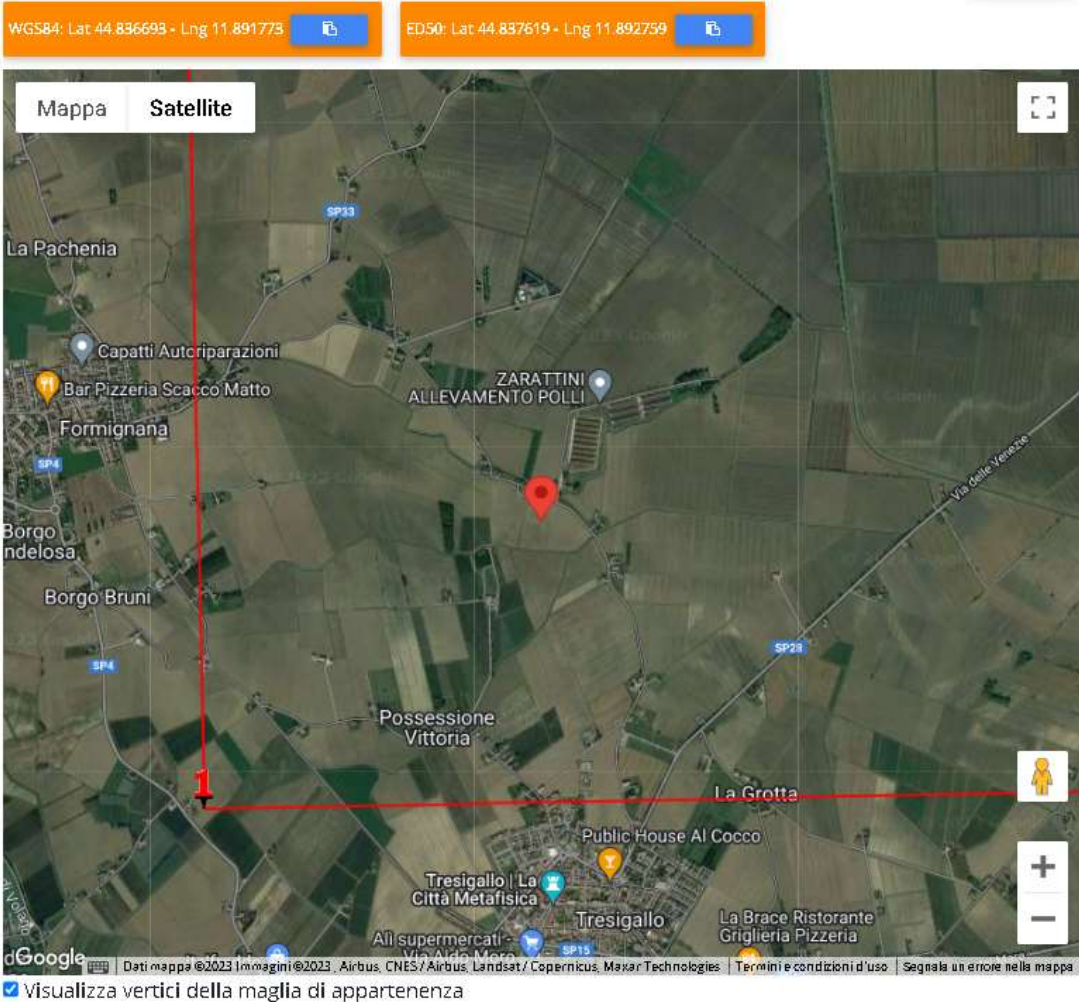
Per il sito in esame pertanto la Magnitudo media risulta essere 5.01 ad una distanza di 16.40 km, mentre l'ag allo stato SLV risulta compresa tra 0.100-0.125g (0.102g).

Determinata l'ag attesa, i coefficienti sismici caratteristici relativi al baricentro dell'area di impianto sono i seguenti (<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>):

#### Dati generali

Descrizione: Impianto Fotovoltaico "Tresigallo 3" – Comune di Tresigallo (FE)

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 27 di 35



Sito in esame.

latitudine: 44,837619  
longitudine: 11,892759  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento


Sito 1	ID: 15406	Lat: 44,8239	Lon: 11,8699	Distanza: 2364,234
Sito 2	ID: 15407	Lat: 44,8248	Lon: 11,9403	Distanza: 4008,215
Sito 3	ID: 15185	Lat: 44,8748	Lon: 11,9389	Distanza: 5509,330
Sito 4	ID: 15184	Lat: 44,8739	Lon: 11,8685	Distanza: 4461,152

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):  
Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,033 g



ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 28 di 35

Fo: 2,538  
Tc\*: 0,244 [s]

Danno (SLD):  
Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,040 g  
Fo: 2,560  
Tc\*: 0,277 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):  
Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,101 g  
Fo: 2,574  
Tc\*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):  
Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,130 g  
Fo: 2,597  
Tc\*: 0,301 [s]

#### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,670  
St: 1,000  
Kh: 0,010  
Kv: 0,005  
Amax: 0,492  
Beta: 0,200

SLD:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,600  
St: 1,000  
Kh: 0,012  
Kv: 0,006  
Amax: 0,589  
Beta: 0,200

SLV:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,560  
St: 1,000  
Kh: 0,036  
Kv: 0,018  
Amax: 1,491  
Beta: 0,240

SLC:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,560  
St: 1,000  
Kh: 0,047  
Kv: 0,023

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 29 di 35

Amax: 1,919  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Geostru

Coordinate WGS84  
latitudine: 44.836693  
longitudine: 11.891773

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale

50

Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	T <sub>r</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> <sup>*</sup> [s]
Operatività (SLO)	30	0.033	2.538	0.244
Danno (SLD)	50	0.040	2.560	0.277
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.101	2.574	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.130	2.597	0.301

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H [m]

1

VS [m]

0.1

Cat. Sottosuolo

C

Cat. Topografica


T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.50	1.50	1.50	1.50
CC Coeff. funz. categoria	1.67	1.60	1.56	1.56
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k <sub>h</sub>	0.010	0.012	0.036	0.047
k <sub>v</sub>	0.005	0.006	0.018	0.023
Amax [m/s²]	0.492	0.589	1.491	1.919
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 30 di 35

## 6. ANALISI DI LIQUEFAZIONE

### 6.1 Generale

Allo scopo di accertare la stabilità nei confronti della liquefazione, per il sito in esame sono state effettuate delle verifiche che hanno consentito di determinare il potenziale di liquefazione, parametro indicativo dell'estensione che il fenomeno può avere nei terreni.

La liquefazione è infatti un fenomeno per cui durante un sisma la rigidezza e la resistenza del terreno possono ridursi significativamente. Ad essa sono associati la perdita di resistenza al taglio o l'accumulo di deformazioni plastiche che avvengono in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a causa delle azioni cicliche e dinamiche che si verificano in condizioni drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una diminuzione della tensione media efficace nel terreno e una riduzione della resistenza al taglio. Questa riduzione può essere una condizione temporanea o può indurre una condizione di collasso definitiva.

Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero di cicli  $N$  del terremoto, dalla densità relativa  $D_r$  e dalla granulometria del terreno. Un terreno incoerente, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere di  $N$  (cicli di terremoto).

Il raggiungimento della condizione di liquefazione può dare origine ad effetti di varia natura, quali, nei casi più eclatanti:

- affondamento di edifici nel terreno;
- scorrimento di pendii;
- collasso di terrapieni, rilevati stradali e opere di terra in genere
- collasso di palificate per perdita di connessione laterale;
- zampillo di copiosi getti d'acqua e sabbia con formazione dei caratteristici coni eruttivi;
- collasso di opere di sostegno per sovrappinta del terreno a monte.

In questo contesto, 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 in falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa. In altre parole, è necessario valutare il potenziale di liquefazione del terreno ove devono essere realizzate le opere in progetto.

### 6.2 Valutazione del potenziale o probabilità di liquefazione

Per una stima accurata della probabilità di liquefazione di un deposito sabbioso saturo durante un terremoto attualmente non esiste un unico modello in grado di tenere in conto tutti i fattori che concorrono a creare le condizioni perché essa possa verificarsi. Questo è dovuto al fatto che sono troppo numerosi i parametri che governano il fenomeno. I criteri di previsione e i metodi di calcolo che sono stati avanzati in questi ultimi anni si concentrano però su un numero di fattori molto più ridotto rispetto a quelli che intervengono a guidare il fenomeno. Di seguito si fornisce una valutazione semplificata del potenziale di liquefazione dei terreni indagati e caratterizzati nel presente studio.

### 6.3 NTC 2018

Di seguito si riportano i riferimenti normativi delle NTC 2018 (la numerazione del paragrafo è riferita alle NTC).

#### § 7.11.3.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

##### § 7.11.3.4.1 Generalità

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 31 di 35

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.


In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

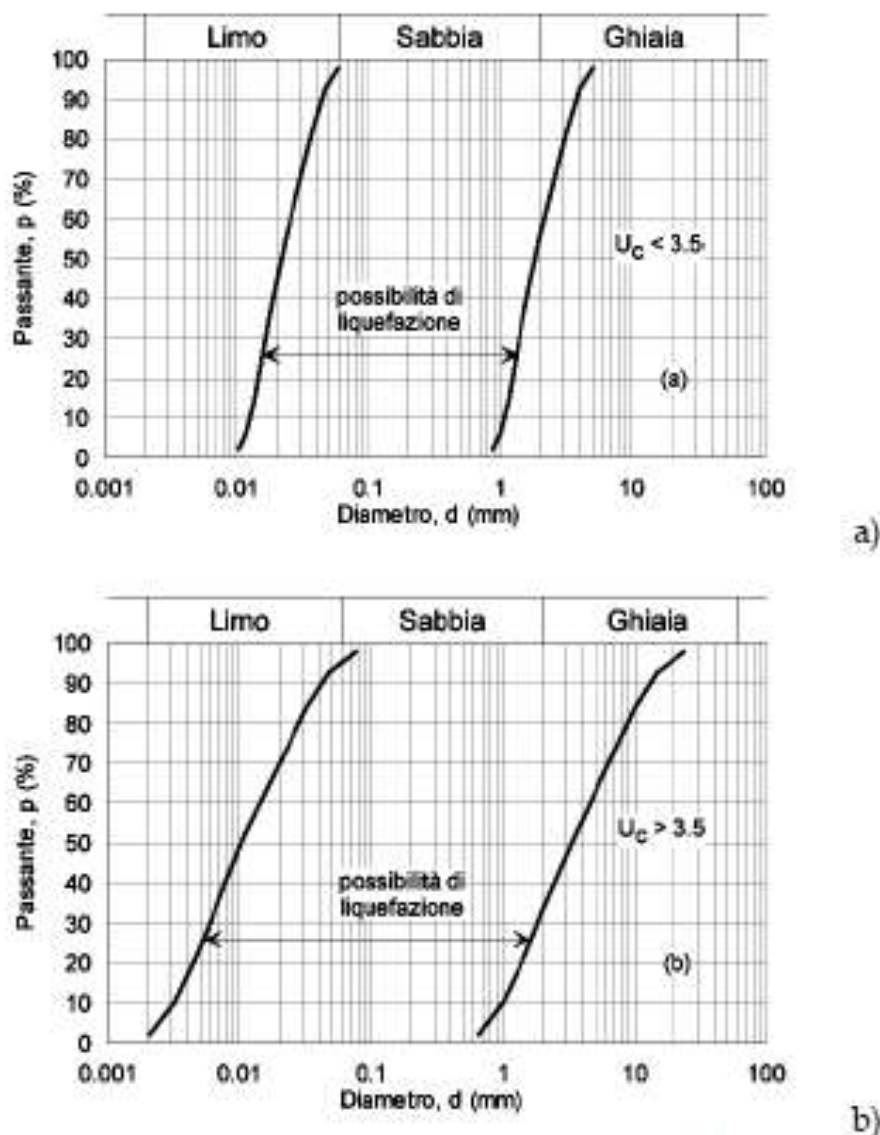
#### § 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .




ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 32 di 35



**Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione**

Per il sito in esame, sulla base di quanto riportato nei capitoli precedenti relativi alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni per mezzo di sondaggi e prove CPT reperite e consultate, risulta che:

- l'evento sismico atteso è di magnitudo M pari a 5,010 ad una distanza epicentrale pari a 16,4 km;
  - le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di free-field sono 0,130g allo SLC (CU=1,0);
  - la profondità della falda è posta a circa -1,00/-2,40 dal piano campagna.
- In particolare si sottolinea come tutto il tratto in cavidotto previsto fino alla CP che si svilupperà su viabilità esistente, prevede una sezione di scavo inferiore a circa 1,00m e quindi in tutti i casi inferiore alla quota di interazione con il livello di falda stabilizzato individuato.
- Inoltre si evidenzia come sulla base delle indagini consultate e reperite, sia sondaggi che prove CPT, la natura granulometrica dei terreni sotto falda dalla profondità media di -5,00m dal p.c. in poi risulta correlabile prevalentemente ad una natura limoso-argillosa ed argillosa con locali intercalazioni sabbiose (CPT1 - 186150C114 prova di riferimento).

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	PROGETTO DEFINITIVO <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 33 di 35

- Nel dettaglio inoltre l'orizzonte a tenore sabbioso (incoerente) individuabile lungo la verticale CPT1 - 186150C114 nel range -0,80/-5,00m dal p.c. mostra, come visibile dalla scheda di dettaglio della prova statica, valori del Rp in kg/cm<sup>2</sup> sempre superiori a 14 kg/cm<sup>2</sup> ed RL sempre superiore a 0,8 kg/cm<sup>2</sup> con ottime proprietà geotecniche sia relativamente alla Dr% (>44%) che l'angolo di attrito calcolato (>34°) con le diverse correlazioni in letteratura, verificando così il caso 3) del p.tp § 7.11.3.4.2 - Esclusione della verifica a liquefazione.

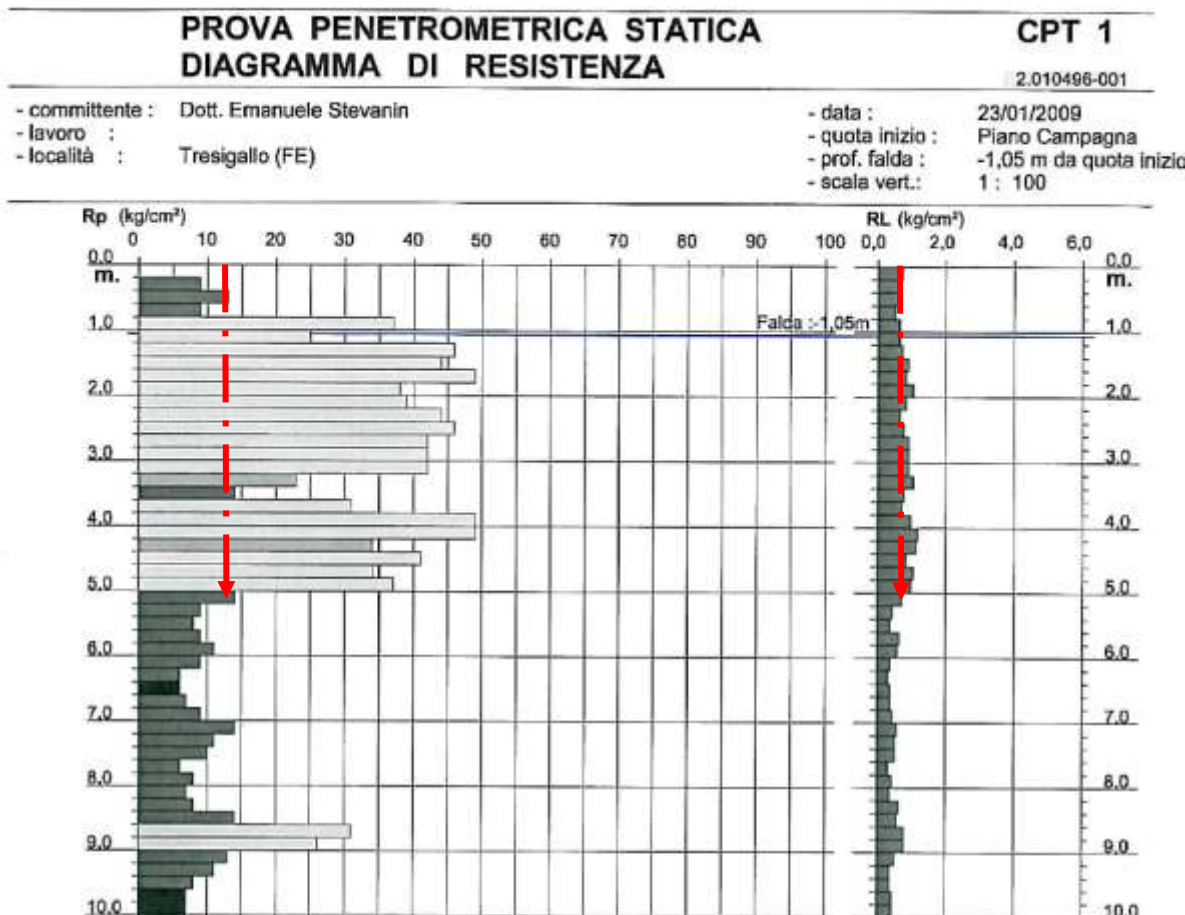
P47

Profondità		Colonna Stratigr.	Descrizione litologica	Interpretazioni	Quota tetto
Da m	A m				
0	15		ARGILLA	IMPERMEABILE	

CPT1 - P47

pergeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.  
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6  
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521


Rifer. 014-09



irgeo s.r.l. di Condotta, Stevanin & C.  
de legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6  
ità locale: 44030 Corio - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono 0532-426021 fax 0532-426521

Rifer. 014-09

PROVA PENETROMETRICA STATICA															CPT 1									
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI															2.010496-001									
committente : Dott. Emanuele Stevanin															- data : 23/01/2009									
lavoro :															- quota inizio : Piano Campagna									
località : Tresigallo (FE)															- prof. falda : -1,05 m da quota inizio									
note :															- pagina : 1									
NATURA COESIVA															NATURA GRANULARE									
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' s/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	edm (°)	emy (°)	Amaz/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²			
0,20	—	—	777	1,85	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
0,40	9	13	2WV	1,85	0,07	0,45	60,0	77	115	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
0,60	13	19	2WV	1,85	0,11	0,60	52,2	103	164	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
0,80	9	17	2WV	1,85	0,15	0,45	25,2	77	115	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1,00	37	56	3---	1,85	0,19	—	—	—	—	—	79	38	41	42	44	40	30	0,167	62	93	111			
1,20	25	37	3---	0,88	0,20	—	—	—	—	—	63	37	39	41	43	38	28	0,140	42	63	75			
1,40	46	63	3---	0,91	0,22	—	—	—	—	—	82	40	41	43	45	40	31	0,197	77	115	138			
1,60	44	47	3---	0,81	0,24	—	—	—	—	—	79	39	41	42	44	40	31	0,166	73	110	132			
1,80	57	57	3---	0,92	0,26	—	—	—	—	—	81	39	41	43	44	40	31	0,192	82	123	147			
2,00	38	36	3---	0,99	0,27	—	—	—	—	—	70	36	40	42	44	39	30	0,160	63	95	114			
2,20	39	45	3---	0,90	0,29	—	—	—	—	—	70	36	40	42	44	38	30	0,158	65	95	117			
2,40	44	66	3---	0,91	0,31	—	—	—	—	—	72	36	40	42	44	39	31	0,166	73	110	132			
2,60	46	57	3---	0,91	0,33	—	—	—	—	—	72	36	40	42	44	39	31	0,166	77	115	138			
2,80	42	45	3---	0,90	0,35	—	—	—	—	—	68	36	39	41	43	38	30	0,153	70	105	126			
3,00	42	45	3---	0,90	0,37	—	—	—	—	—	67	37	39	41	43	38	30	0,160	70	105	126			
3,20	42	45	3---	0,90	0,38	—	—	—	—	—	68	37	39	41	43	37	30	0,148	70	105	126			
3,40	23	22	4A-	0,94	0,40	0,87	16,4	148	221	69	44	34	36	39	41	34	28	0,089	38	58	69			
3,60	14	17	2WV	0,94	0,42	0,64	10,5	108	162	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
3,80	31	42	3---	0,88	0,44	—	—	—	—	—	52	35	37	40	42	35	29	0,109	52	78	93			
4,00	49	49	3---	0,92	0,46	—	—	—	—	—	67	37	39	41	43	37	31	0,149	82	123	147			
4,20	49	41	3---	0,82	0,47	—	—	—	—	—	66	37	39	41	43	37	31	0,146	82	123	147			
4,40	34	30	4A-	0,88	0,49	1,13	17,7	193	289	102	52	35	38	40	42	35	29	0,109	57	85	102			
4,60	41	47	3---	0,90	0,51	—	—	—	—	—	58	36	38	40	43	36	30	0,124	89	103	123			
4,80	34	32	3---	0,89	0,53	—	—	—	—	—	50	35	37	40	42	34	29	0,105	57	85	102			
5,00	37	37	3---	0,89	0,55	—	—	—	—	—	52	35	38	40	42	35	30	0,110	52	78	93			
5,20	14	19	2WV	0,94	0,57	0,64	7,3	140	211	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5,40	9	19	2WV	0,88	0,58	0,45	4,5	163	244	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5,60	8	20	2WV	0,86	0,60	0,40	3,8	170	254	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5,80	9	13	2WV	0,88	0,62	0,45	4,2	173	259	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
6,00	11	16	2WV	0,91	0,64	0,54	5,1	176	263	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
6,20	9	22	2WV	0,88	0,66	0,45	3,9	184	275	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
6,40	6	16	2WV	0,82	0,67	0,39	2,3	163	244	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
6,60	6	15	1---	0,46	0,68	0,39	2,3	35	52	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
6,80	7	17	2WV	0,64	0,70	0,35	2,7	162	273	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7,00	9	19	2WV	0,85	0,72	0,45	3,6	202	303	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7,20	14	23	2WV	0,94	0,73	0,64	5,3	201	301	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7,40	11	21	2WV	0,91	0,75	0,54	4,1	210	315	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7,60	10	19	2WV	0,90	0,77	0,53	3,7	217	326	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7,80	6	16	2WV	0,62	0,79	0,30	1,9	170	255	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
8,00	6	17	2WV	0,66	0,80	0,40	2,6	209	313	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
8,20	7	17	2WV	0,64	0,82	0,35	2,2	193	289	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
8,40	8	12	2WV	0,66	0,84	0,40	2,5	212	318	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
8,60	14	23	2WV	0,94	0,86	0,64	4,3	239	358	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
8,80	31	39	3---	0,88	0,87	—	—	—	—	—	35	33	35	38	41	31	29	0,089	52	78	93			
9,00	26	32	3---	0,87	0,89	—	—	—	—	—	29	32	35	37	40	30	28	0,055	43	65	78			
9,20	13	24	2WV	0,93	0,91	0,60	3,8	256	385	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
9,40	11	27	2WV	0,91	0,93	0,54	3,2	257	386	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
9,60	6	20	2WV	0,66	0,95	0,40	2,1	221	331	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
9,80	7	15	1---	0,46	0,95	0,35	1,8	43	65	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10,00	7	15	1---	0,46	0,96	0,35	1,6	43	65	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10,20	7	26	2WV	0,64	0,98	0,35	1,7	201	301	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10,40	7	21	2WV	0,64	1,00	0,35	1,7	201	302	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10,60	6	18	2WV	0,82	1,01	0,30	1,4	176	265	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10,80	6	18	2WV	0,82	1,03	0,30	1,3	177	266	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11,00	6	18	2WV	0,82	1,05	0,30	1,3	177	266	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11,20	6	18	2WV	0,82	1,06	0,30	1,3	177	266	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11,40	6	18	2WV	0,82	1,08	0,30	1,3	178	266	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11,60	6	22	2WV	0,82	1,10	0,30	1,2	178	267	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11,80	7	26	2WV	0,84	1,11	0,35	1,5	204	307	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
12,00	9	22	2WV	0,88	1,13	0,45	2,0	252	379	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
12,20	9	22	2WV	0,88	1,15	0,45	1,9	253	380	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
12,40	8	24	2WV	0,86	1,16	0,40	1,7	231	346	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
12,60	8	20	2WV	0,86	1,18	0,40	1,5	231	347	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
12,80	9	22	2WV	0,88	1,20	0,45	1,8	256	383	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
13,00	9	19	2WV	0,88	1,22	0,45	1,6	256	385	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
13,20	8	20	2WV	0,86	1,25	0,40	1,5	233	349	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
13,40	6	18	2WV	0,82	1,25	0,30	1,1	180	269	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
13,60	5	15	1---	0,46	1,26	0,25	0,8	33	49	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
13,80	6	30	4A-	0,82	1,28	0,30	1,0	180	270	29	—	26	31	35	38	25	26	—	10	15	18			
14,00	8	7	2WV	0,88	1,25	0,40	1,4	234	351	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
14,20	13	14	2WV	0,53	1,31	0,60	2,4	325	488	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
14,40	96	51	3---	0,99	1,33	—	—	—	—	—	64	37	39	41	43	35	34	0,140	169	240	288			
14,60	92	43	3---	0,99	1,35	—	—	—	—	—	62	37	39	41	43	35	33	0,136	153	230	276			
14,80	95	45	3---	0,99	1,37	—	—	—	—	—	63	37	39	4										

ELABORATO.: 2.1-PDRT	<b>COMUNE di TRESIGNANA</b> PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 01
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <b>REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 11.110 KWAC</b>	Data: 08.04.2024
	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA, SISMICA – POTENZIALE LIQUEFAZIONE DI SITO</b>	Pagina 35 di 35

escludere la possibilità di verificarsi di fenomeni di liquefazione essendo inoltre verificato il caso 3) del p.to § 7.11.3.4.2 - Esclusione della verifica a liquefazione delle NTC 2018, valori del  $R_p$  in kg/cmq sempre superiori a 14 kg/cmq ed  $R_L$  sempre superiore a 0,8 kg/cmq con ottime proprietà geotecniche sia relativamente alla  $D_r\%$  (>44%) che l'angolo di attrito calcolato (>34°), **motivo per cui non sarebbe necessario procedere alla verifica del rischio a liquefazione che risulta pertanto nel caso in esame remota.**

San Benedetto Tr. 08.04.2024

dott. Geol. Alessandro Mascitti