

**COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DENOMINATO "PAVESI",
 AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW E
 RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA
 REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO) E DI CARPI (MO)**



ILIOS

ELABORATO	RELAZIONE GEOTECNICA							
	IDENT.	Liv. Prog.	Tipo Doc.	Cod. Cartella	Cod. Progetto	Data	Codice Elaborato	Scala
		PFTE	REL	VIA_2	IT0MY194	12/23	IT0MY194_PFTE_09_GEOL_RGT	-
REVISIONI	Rev. Num.	Data	Autore	Verificato	Approvato	Descrizione		
	01	12/23	ILIOS	IVC	IVC	Relazione Geotecnica		
PROGETTAZIONE	  <small>Organisation Certified ISO 9001:2015 Certificate No. 3692Q2201 IAF Sector IAF 34</small>	Ragione Sociale		Riferimenti/Contatti			Timbro e Firma	
		ILIOS S.r.l. Via Montenapoleone 8, 20121, Milano (MI) T: +39 080 8937976 - E: info@iliositalia.com C.F. e P.IVA 12427580969		E-mail:	info@iliositalia.com			
				PEC:	iliospec@legamail.it			
				Telefono:	080 8937976			
				Mobile:	+39 328 4819 015			
		Ragione Sociale		Riferimenti/Contatti			Timbro e Firma	
				E-mail:				
				PEC:				
				Telefono:				
				Mobile:				
RICHIEDENTE		Ragione Sociale		Riferimenti/Contatti			Timbro e Firma	
		PAVESI SOLAR S.r.l. Via Vittoria Nenni 8/1, 42020, Albinea (RE) - PEC: pavesisolarsrl@legamail.it C.F. e P.IVA 03033850359		E-mail:				
				PEC:	pavesisolarsrl@legamail.it			
				Telefono:				
				Mobile:	+39 366 5945 311			

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	1 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2.1	Normativa Nazionale	3
2.2	Normativa Regionale	3
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3.1	Inquadramento geografico e catastale	4
4	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA, CRITERI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA	8
4.1	Condizioni d'uso e livelli di sicurezza nella costruzione	8
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI DETTAGLIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE	10
5.1	Calcolo della resistenza di progetto fondazioni profonde (R_d) profilati in acciaio di sostegno delle strutture fotovoltaiche	12
	INDICE DELLE TABELLE	16
	INDICE DELLE FIGURE	17



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA					
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI MODENA (MO)					
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 2 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT		

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica e accompagna il progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico con potenza moduli in DC di **64,33 MWp** denominato **“PAVESI”**, da realizzarsi in agro di **NOVI DI MODENA (MO)**, e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell’energia elettrica Nazionale (RTN).

Tale elaborato illustra i risultati delle indagini geologico – tecniche e sismiche che hanno permesso di valutare il comportamento geomeccanico dei terreni di fondazione dei manufatti in progetto.

La presente Relazione Geotecnica eseguita a supporto del progetto di cui sopra, descrive la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l’opera in progetto, essa riassume i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d’esercizio del sistema costruzione - terreno. L’intero studio riguarda esclusivamente il volume significativo del terreno.

La progettazione geotecnica dell’opera prevede la definizione del grado di sicurezza che si ottiene con il “Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali di sicurezza” tramite la disequazione:

$$E_d < R_d$$

Dove:

- R_d = valore di progetto della resistenza del terreno (di pertinenza del geotecnico);
- E_d = valore di progetto dell’azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza del progettista delle strutture).

La resistenza del terreno R_d (Parametro) è determinata:

1. Analiticamente (valori di progetto si ottengono dai valori caratteristici divisi per il coefficiente parziale γ_m scelto);
2. Misure dirette, utilizzando le Tabelle del T.U. per i coefficienti parziali.

L’azione E_d è determinata dal valore caratteristico amplificato mediante i coefficienti parziali γ_f (forniti dal progettista strutturista) da cui:

$$R_k \frac{R_k}{\gamma_{\mu}} > E_k \times \gamma_f \text{ coefficienti parziali}$$

Per cui, partendo dalla modellazione geotecnica definita in funzione della caratterizzazione geologica e della successione litostratigrafica del volume significativo (vedi Relazione Geologica e Sismica), si è passati alla individuazione dei Parametri nominali in funzione dei quali definire i Parametri caratteristici ed i Parametri di progetto.

DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per le verifiche contenute nel presente documento sono stati utilizzati i dati contenuti nei seguenti documenti progettuali di riferimento:

-  Relazione Geologica e Sismica, emessa dal dott. Gianluca Nascimbene



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	3 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa Nazionale

Il presente elaborato è stato sviluppato in osservanza alla normativa vigente, in particolare:

-  D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni;
-  Circolare 2 febbraio 2009, n. 617
"Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)";
-  Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale - Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;
-  Eurocodice 8 (UNI EN 1998-1:2005) - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
-  Eurocodice 8 (UNI EN 1998-5:2005) - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
-  Eurocodice 7 (UNI ENV 1997-3:2002) - Progettazione geotecnica - Progettazione assistita con prove in sito;
-  Presidenza del Consiglio dei Ministri - Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

2.2 Normativa Regionale

-  D.G.R. Emilia-Romagna 2193/2015-DGR 630/2019 criteri di microzonazione sismica;
-  Aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica (Atti DGR n. 496 del 01/04/2021, DGR n.564 del 26/04/2021);
-  D.G.R. Emilia-Romagna 146_2023 Aggiornamento classificazione sismica.



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	4 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 Inquadramento geografico e catastale

L'area di intervento, ubicata in provincia di Modena nel territorio del Comune di Novi di Modena, è raggiungibile dalla **Strada Provinciale SP468R** e dalla Strada Comunale **Via Lama** (cfr. Figura 2) ed è individuabile dalle seguenti coordinate geografiche:

- ✓ Latitudine: 44° 48' 45.79" N
- ✓ Longitudine: 10° 56' 34.04" E

Il Comune di Novi di Modena confina a Nord con Moglia, a Sud con Carpi, ad Ovest con Rolo, ad Est con Concordia sulla Secchia, San Possidonio e Cavezzo (cfr. Figura 1).

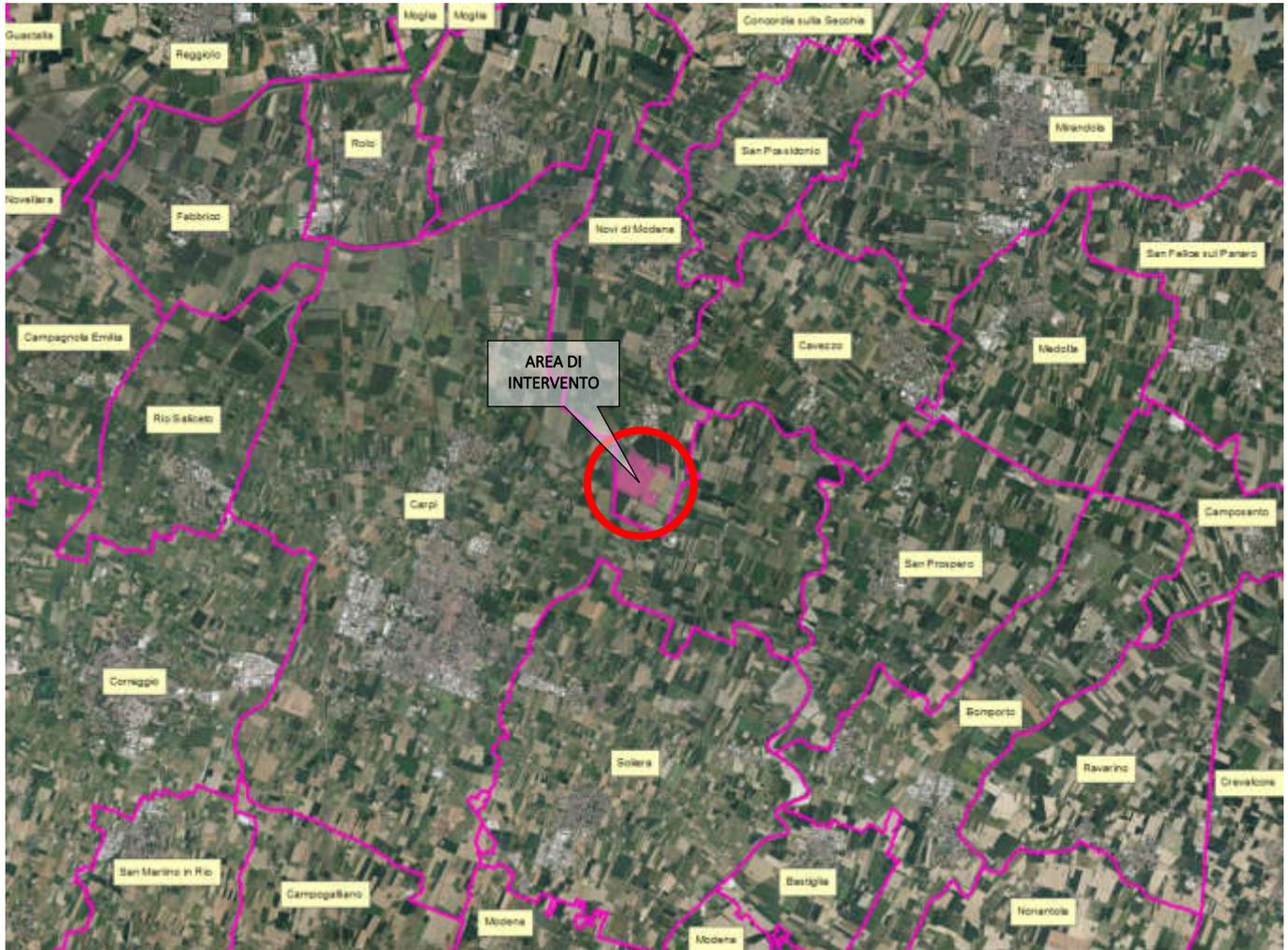


Figura 1: Inquadramento geografico dell'area di intervento (scala 1:100.000)

ILIOS S.r.l.

Sede Legale:
Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:
Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086
E-mail: info@maya-eng.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA
MILANO-BRIANZA-LODI
C.F. e P.IVA 12427580869



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA					
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)					
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.: 5 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT		



Figura 2: Ubicazione e viabilità principale

Il sito di interesse ha un'estensione di circa **94.36 ha** e dista in linea d'aria:

- 8 km dal centro abitato di Novi di Modena a nord;
- entro i 3 km da Zone Industriali/Commerci.

Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	6 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

Le particelle interessate dalla realizzazione dell'impianto in progetto, relative al Comune di Novi di Modena (MO), sono le seguenti:

-  Foglio di mappa n° 60, Particelle n° 92-100-112-118-119-120-223-238-239-247-248-249
-  Foglio di mappa n° 61, Particelle n° 48, 49
-  Foglio di mappa n° 62, Particelle n° 4-5-6-7-9-11-36-37-39-40-41-42-43
-  Foglio di mappa n° 63, Particelle n° 23-24-25-26-27-28

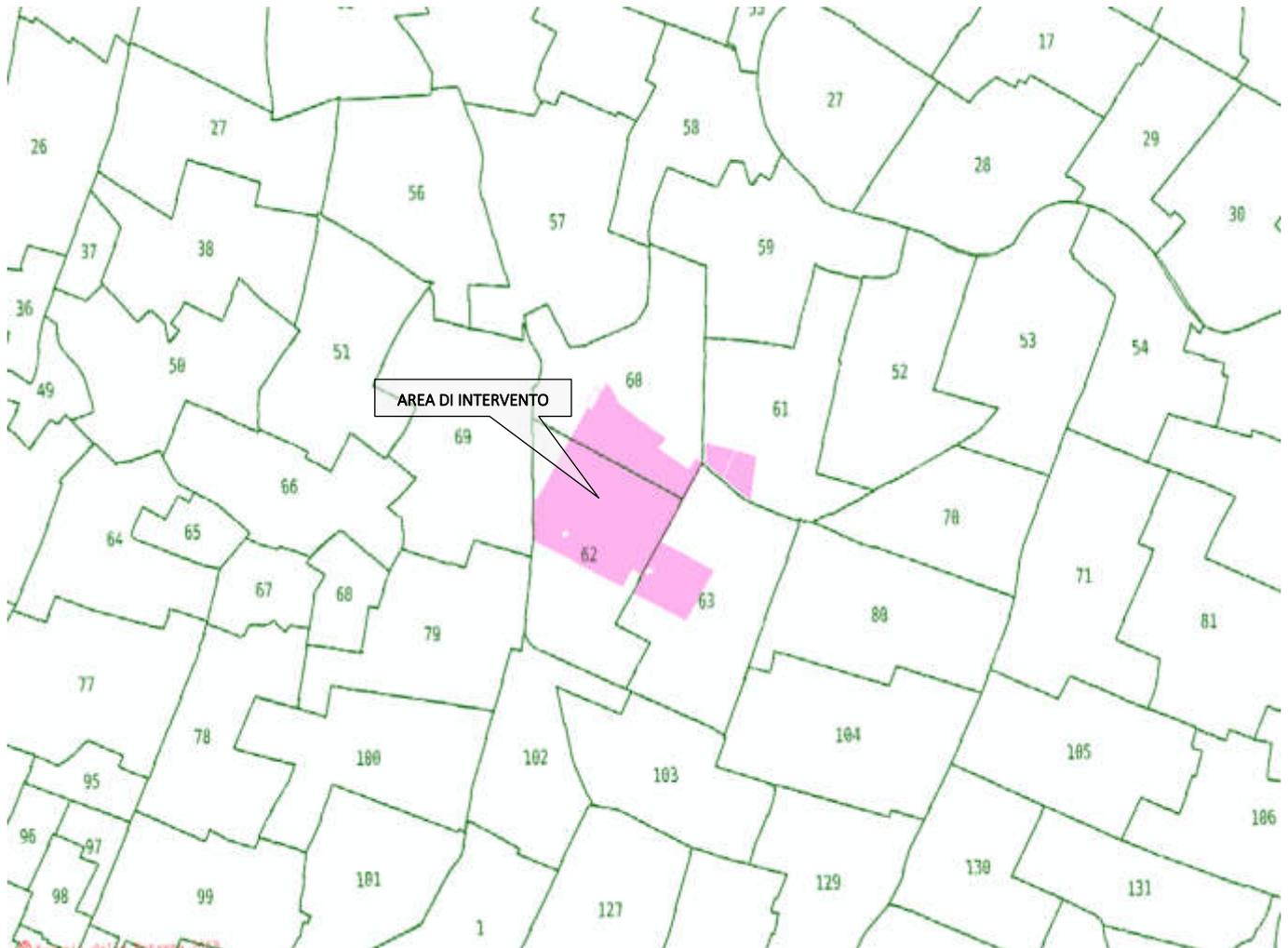


Figura 3: Inquadramento dell'area di intervento su carta catastale (scala 1:25.000)

Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	7 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:		ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT		

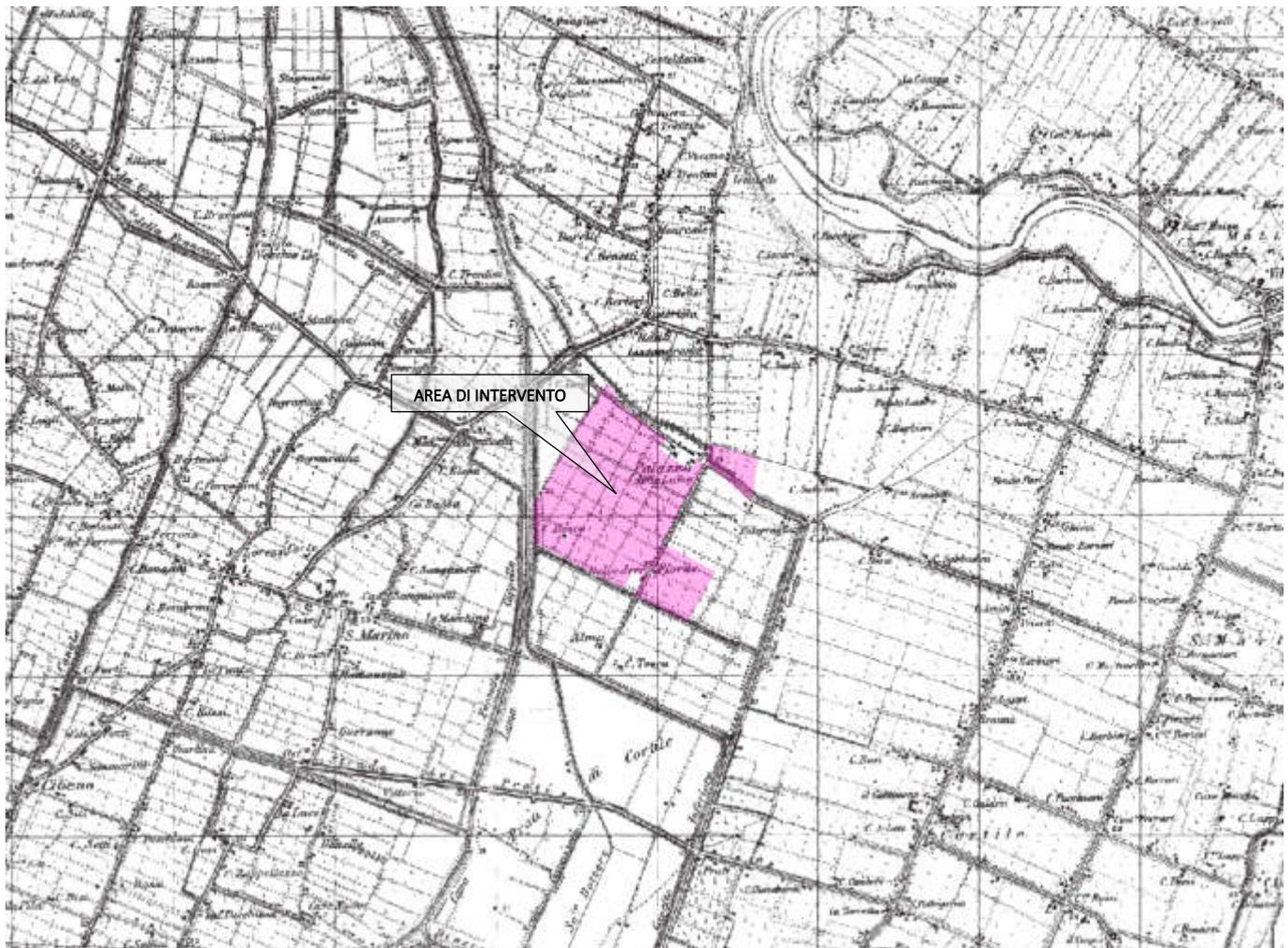


Figura 4: Inquadramento dell'area di intervento su cartografia IGM 1:25.000

L'impianto agrivoltaico in progetto prevede la realizzazione di un cavidotto della lunghezza complessiva di circa 7720 m che, a partire dal sistema di distribuzione primaria a 36 kV, raggiungerà la Stazione Elettrica (SE) RTN 380/132/36 kV denominata "Carpi Fossoli" di futuro ampliamento e sarà collegato alla rete elettrica nazionale.

Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	8 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

4 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA, CRITERI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA

Per la modellazione del sottosuolo è stata utilizzata la caratterizzazione litostratigrafica e geomeccanica rilevata nella relazione geologica sitospecifica.

Il profilo M.A.S.W., sulla base dei modelli medi, indicava una Vs30 pari a 291.20 m/s.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni" il profilo stratigrafico dei terreni coinvolti nel progetto permette di classificare il sito come:

- suolo tipo "C"** - "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (VS,eq) compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

4.1 Condizioni d'uso e livelli di sicurezza nella costruzione

Alla luce di quanto esposto in precedenza, gli elementi fondamentali dell'area di interesse ed i parametri sismici del sito in esame sono:

SITO IN ESAME	VALORE
latitudine:	44,814078
longitudine:	10,945193
Vita nominale:	50
Classe d'uso dell'edificio:	I
PARAMETRI SISMICI	VALORE
Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Coefficiente cu:	0,7

Tabella 1: Dati del sito di riferimento

		P _{VR}		T _R		Valori interpolati			Valori ricavati da a _g , F _o , e T _c *							
				a _g	F _o	T _c *	S _s	C _c	St	T _B	T _C	T _D	F _v			
		[adm]	[anni]	[g]	[adm]	[s]	[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]	[adm]			
SLE	SLO	81%	30	0,041	2,55	0,25	1,50	1,66	1,00	0.14	0.41	1.76	0.69			
	SLD	63%	35	0,044	2,54	0,26	1,50	1,65	1,00	0.14	0.42	1.77	0.72			
SLU	SLV	10%	332	0,129	2,59	0,27	1,50	1,62	1,00	0.14	0.44	2.12	1.26			
	SLC	5%	682	0,176	2,56	0,27	1,43	1,61	1,00	0.15	0.44	2.30	1.45			

Tabella 2: Parametri e coefficienti sismici del sito



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	9 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

I coefficienti Kh (coefficiente sismico orizzontale riferito al sito) e Kv (coefficiente sismico verticale riferito al sito) hanno i seguenti valori:

		Kh	Kv
SLE	SLO	0,012	0,006
	SLD	0,013	0,006
SLU	SLV	0,047	0,023
	SLC	0,060	0,030

Tabella 3: Valori del coefficiente sismico orizzontale (Kh) e verticale (Kv) riferiti al sito

I risultati della verifica alla liquefazione (sì veda Relazione Geologica e Sismica) indicano che, per quanto attiene la suscettibilità alla liquefazione il terreno in esame è da classificare “NON LIQUEFACIBILE” con rischio di liquefazione “da Nullo a Molto Basso”



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	10 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI DETTAGLIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Il valore caratteristico di un parametro geotecnico è considerato come stima ragionata e cautelativa del valore del parametro stesso nello stato limite considerato.

Si riportano di seguito i parametri geotecnici dei terreni interessati dalle opere di fondazione (pali di sostegno pannelli fotovoltaici)

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI FONDAZIONE			
Orizzonte A – Terreno vegetale			
Orizzonte B – Limo argilloso loc. sabbioso			
<i>CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Classificazione			coesivo
Consistenza			media
<i>PESI</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso di volume	γ	kN/m ³	17.0-18.0
Peso di volume immerso	γ_{wet}	kN/m ³	-
<i>PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Angolo di attrito efficace	φ	°	-
Coesione efficace	C'	KPa	-
Coesione non drenata	Cu	KPa	70 - 100
<i>PARAMETRI ELASTICI</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Modulo elastico	E	KPa	-
Modulo edometrico	M	KPa	5000 - 8000
coefficiente di Poisson	μ	KPa	0,35
Orizzonte C – Argilla			
<i>CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Classificazione			coesivo
Consistenza			Tenero -medio
<i>PESI</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso di volume	γ	kN/m ³	17.0-17.5
Peso di volume immerso	γ_{wet}	kN/m ³	-



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	11 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	Simbolo	Unità di misura	Valore
Angolo di attrito efficace	φ	°	
Coesione efficace	C'	KPa	-
Coesione non drenata	C_u	KPa	50 - 70
PARAMETRI ELASTICI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Modulo edometrico	M	KPa	5000 - 7000
coefficiente di Poisson	μ	KPa	0,35

Tabella 4: Riepilogo parametri geotecnici terreni di fondazione

I valori caratteristici secondo le NTC 2018 possono essere prossimi ai valori medi e/o ai valori minimi.

Valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici ricavati appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volume di terreno con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti.

Pertanto, nel caso in oggetto considerando che la fondazione in Progetto interessa modesti volume di terreno per dimensione e carichi di esercizio ma anche per una maggior cautela nelle verifiche geotecniche sono stati considerati i valori minimi ricavati dalle prove penetrometriche.

Il valore dei parametri geotecnici di progetto utilizzato ai fini del calcolo di R_d , sono:

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{c_u}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,0	1,0

Tabella 5: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab. 6.2.11 NTC 2018)

Applicando quanto contenuto nella circolare delle NTC 2018 si sono assunti quali valori caratteristici dei terreni i valori prossimi a quelli minimi:

ORIZZONTE B

Parametro	Valore minimo	Valore Caratteristico	Valore di progetto M1
Resistenza al taglio in condizioni non drenate	70,0 kN/m ²	70,0 kN/m ²	70,0 kN/m ²
Peso dell'unità di volume	17,0 kN/m ³	17,0 kN/m ³	17,0 kN/m ³

Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	12 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

ORIZZONTE C

Parametro	Valore minimo	Valore Caratteristico	Valore di progetto M1
Resistenza al taglio in condizioni non drenate	50,0 kN/m ²	50,0 kN/m ²	50,0 kN/m ²
Peso dell'unità di volume	17,0 kN/m ³	17,0 kN/m ³	17,0 kN/m ³

5.1 Calcolo della resistenza di progetto fondazioni profonde (R_d) profilati in acciaio di sostegno delle strutture fotovoltaiche

Generalità sulle opere di fondazione

Per quanto riguarda la struttura in acciaio di sostegno dei pannelli fotovoltaici è stato ipotizzato un palo di sostegno di diametro 0,20 m con una profondità d'infissione di 2,50-3,00 m.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, quando pertinenti:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- stabilità globale.

Caratteristiche geometriche

- **Dimensione della fondazione:** diametro D 0,20 m x lunghezza 2,50-3,00 m
- **Orizzonte litologico punta: orizzonte B_C**

Il valore di progetto R_d della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k , applicando i coefficienti parziali γ_r della Tab. 6.4. Il procedendo come segue.

Calcolo della resistenza nominale

In base alle indicazioni progettuali ed alle condizioni geomeccaniche reperite in loco, è stato eseguito lo studio della capacità portante, valutata secondo la seguente formula:

$$Q_T = Q_p + Q_s - P_p$$

in cui

- Q_T = capacità portante limite totale;
- Q_p = capacità portante limite di base;
- Q_s = capacità portante limite per attrito laterale;
- P_p = peso del palo.

Per il calcolo della portanza limite alla base si è fatto riferimento alla formula di Terzaghi:

$$Q_p = A (\gamma^* L^* N_q)$$

Il calcolo della capacità portante laterale è stato eseguito utilizzando la formula:

$$Q_s = A_f \alpha C_u, \text{ per terreni coesivi}$$



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	13 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

$Q_s = A_f K p' \tan \delta$, per terreni incoerenti

Dove:

- A_f = superficie laterale utile del palo;
- δ = angolo di attrito tra palo e terreno;
- K = coefficiente di spinta laterale;
- p' = pressione verticale alla profondità z ;
- α = attrito negativo;
- C_u = coesione non drenata.

Per pali intestati nel livello C, coesivo (argilloso limoso), si assume quindi:

$L = 2,50-3,00$ m

$N_q = 1$ $N_c = 9,5$

Il calcolo della capacità portante laterale è stato eseguito utilizzando la formula:

$Q_s = A_f \alpha C_u$ per terreni coesivi

$Q_s = A_f K p' \tan \delta$ per terreni incoerenti

Dove:

- A_f = superficie laterale utile del palo;
- δ = angolo di attrito tra palo e terreno;
- K = coefficiente di spinta laterale;
- p' = pressione verticale alla profondità z ;
- α = attrito negativo;
- C_u = coesione non drenata.

Calcolo della resistenza caratteristica

La resistenza caratteristica R_k del palo singolo può essere dedotta da:

- *risultati di prove di carico statico di progetto su pali pilota;*
- metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici, oppure con l'impiego di relazioni empiriche che utilizzino direttamente i risultati di prove in sito (prove penetrometriche, pressiometriche, ecc.);
- *risultati di prove dinamiche di progetto, ad alto livello di deformazione, eseguite su pali pilota.*

Nel caso specifico sono stati utilizzati metodi di calcolo analitici:

R_d viene calcolato con riferimento ai parametri del terreno ottenuti dalle penetrometriche in sito*.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	14 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Tabella 6: Fattori di correlazione ξ , per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

*Nell'ambito dello stesso sistema di fondazione, il numero di verticali d'indagine da considerare per la scelta dei coefficienti ξ in Tab. precedente deve corrispondere al numero di verticali lungo le quali la singola indagine (sondaggio con prelievo di campioni indisturbati, prove penetrometriche, ecc.) sia stata spinta ad una profondità superiore alla lunghezza dei pali, in grado di consentire una completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo nell'ambito del volume significativo.

Calcolo della resistenza di progetto

La resistenza di progetto è stata calcolata tenendo conto del set R3 dei coefficienti parziali riportati nella seguente tabella.

Resistenza	Simbolo	Pali trivellati		
	g_R	(R1)	(R2)	(R3)
Base	g_b	1.0	1.7	1.35
Laterale in compressione	g_s	1.0	1.45	1.15
Totale *	g_t	1.0	1.6	1.30
Laterale in trazione	g_{st}	1.0	1.6	1.25
*da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto				

Palo diam. = 0,20 m x 2,50 m d'infissione

*Resistenza di progetto laterale = **1,37 t**

Resistenza di progetto = R_d totale = 1,37 t

Palo diam. = 0,20m x 3,00 m d'infissione

*Resistenza di progetto laterale = **1,64 t**

Resistenza di progetto = R_d totale = 1,64 t



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	15 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

*Considerando la forma del profilato è stata trascurata la portata di punta considerando esclusivamente la portata laterale.

20 dicembre 2023

Il geologo

Dott. Gianluca Nascimbene



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	16 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Dati del sito di riferimento.....	8
Tabella 2: Parametri e coefficienti sismici del sito.....	8
Tabella 3: Valori del coefficiente sismico orizzontale (Kh) e verticale (Kv) riferiti al sito.....	9
Tabella 4: Riepilogo parametri geotecnici terreni di fondazione.....	11
Tabella 5: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab. 6.2. Il NTC 2018).....	11
Tabella 6: Fattori di correlazione ξ , per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.....	14



Documento:	RELAZIONE GEOTECNICA						
Progetto:	COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO (COD. PROG. ITOMY194), AVENTE POTENZA NOMINALE DI 64,3 MWp, POTENZA IN IMMISSIONE RICHIESTA 55,2 MW, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN), DA REALIZZARSI IN AGRO DI NOVI DI MODENA (MO)						
Richiedente:	PAVESI SOLAR S.R.L.	Data:	12/2023	Revisione:	1.0	Pag.:	17 / 17
Codice Progetto:	ITOMY194		Cod. Documento:	ITOMY194_PFE_09_GEOL_RGT			

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Inquadramento geografico dell'area di intervento (scala 1:100.000).....	4
Figura 2: Ubicazione e viabilità principale.....	5
Figura 3: Inquadramento dell'area di intervento su carta catastale (scala 1:25.000).....	6
Figura 4: Inquadramento dell'area di intervento su cartografia IGM 1:25.000	7

ILIOS S.r.l.

Sede Legale:

Via Montenapoleone 8,
20121, Milano (MI)

Sede Operativa:

Via Massimo D'Azeglio 2, 70017,
Putignano (BA)

Telefono: +39 080 8935086

E-mail: info@maya-eng.com
PEC: iliositalia@legalmail.it

CCIAA

MILANO-BRIANZA-LODI
C.F. e P.IVA 12427580869

