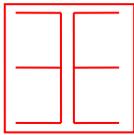


REGIONE: MOLISE  
PROVINCIA: CAMPOBASSO  
COMUNI: ROTELLO, URURI

ELABORATO:  <b>064.20.01.R.12</b>	OGGETTO:  <b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ROTELLO" DA 120,162 MWp PROGETTO DEFINITIVO</b>
PROPONENTE:	 <b>Ibvi 3 s.r.l.</b> <b>IBVI 3 srl</b> Viale Amedeo Duca d'Aosta 76 39100 Bolzano (BZ) Ibvi3srl@pec.it
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	 <b>3E Ingegneria Srl</b> <b>Via G. Volpe n.92 – cap 56121 – Pisa (PI)</b> <a href="mailto:3eingenneria@pec.it">3eingenneria@pec.it</a> <a href="http://www.3eingenneria.it">www.3eingenneria.it</a> <a href="mailto:info@3eingenneria.it">info@3eingenneria.it</a>

## Relazione calcolo preliminare impianti



Note:

Dicembre 2020	0	Emissione	3E Ingegneria Srl	Ibvi 3 srl
<b>DATA</b>	<b>REV</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>ELABORATO da:</b>	<b>APPROVATO da:</b>

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,  
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA



## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>CALCOLO DELLE CORRENTI NELLE CONDIZIONI DI MASSIMA PRODUZIONE.....</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO ELETTRICO .....</b>	<b>10</b>
4.1	Cavi BT .....	10
4.2	Cavi MT .....	12
4.3	Trasformatori e inverter.....	15
<b>5.</b>	<b>SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>16</b>
5.1	Protezione contro i contatti diretti.....	16
5.2	Protezione contro i contatti indiretti.....	16
5.2.1	Sezione di impianto in bassa tensione.....	16
5.2.2	Sezione di impianto in media tensione.....	18
5.2.3	Sezione di impianto in alta tensione.....	18
<b>6.</b>	<b>PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI.....</b>	<b>19</b>
6.1	Individuazione delle strutture da proteggere.....	19
6.2	Definizione delle componenti di rischio.....	19
6.3	Risultati del calcolo .....	23
6.3.1	Cabina di campo.....	23
6.3.2	Cabina di impianto .....	24
6.3.3	Strutture dei moduli fotovoltaici .....	25
6.3.4	Stazione di utenza.....	25
6.4	CONCLUSIONI .....	26
<b>7.</b>	<b>ALLEGATO: PARAMETRI DI CALCOLO RISCHIO FULMINAZIONE.....</b>	<b>27</b>
7.1	Cabina di campo.....	27
7.2	Cabina di impianto.....	30
7.3	Strutture di sostegno dei pannelli FV .....	32
7.4	Stazione di utenza.....	34
<b>8.</b>	<b>DENSITÀ DI FULMINAZIONE ANNUA PER IL SITO IN OGGETTO .....</b>	<b>39</b>

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>2</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione sono riportati i calcoli preliminari relativi al progetto definitivo dell'impianto fotovoltaico "Rotello".

L'impianto fotovoltaico suddetto sorgerà in diciannove diversi siti distribuiti su una vasta area a nord del centro abitato di Rotello, in provincia di Campobasso; esso verrà allacciato alla rete di trasmissione nazionale a 380 kV mediante collegamento in antenna alla stazione TERNA denominata "Rotello 380".

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra di taglia pari a circa 120,162 MWp, suddiviso in 19 campi distinti. L'impianto nel suo complesso comprende:

- N°2861 strutture di tipo fisso, ciascuna delle quali dimensionata per ospitare 25x3 moduli fotovoltaici. I moduli hanno potenza nominale pari a 560 Wp.
- N°27 cabine di campo, afferenti alle 19 zone suddette, ove avviene la trasformazione in media tensione a 33 kV dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico
- N°9 cabine di impianto, necessarie per il collettamento dei vari sottocampi, da cui partono i cavidotti verso la stazione di utenza
- N°9 cavidotti a 33 kV interrati che collegano le cabine di impianto alla stazione di utenza e che si sviluppano lungo strade vicinali, comunali o provinciali.
- N°1 stazione di utenza a cui afferiscono i cavi suddetti e da cui parte l'elettrodotto aereo a 150 kV verso la stazione di rete;
- N°1 elettrodotto aereo a 150 kV, di lunghezza totale pari a circa 2,1 km, che connette la stazione di utenza dell'impianto fotovoltaico alla stazione di rete "Rotello 380".

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>3</b>	<b>40</b>



## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa e le leggi di riferimento per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono le seguenti:

**CEI 64-8:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

**CEI 11-20:** Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

**CEI EN 60904-1:** Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione;

**CEI EN 60904-2:** Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per i dispositivi fotovoltaici di riferimento;

**CEI EN 60904-3:** Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per dispositivi solari fotovoltaici (FV) per uso terrestre, con spettro solare di riferimento;

**IEC 61727:** Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface;

**CEI EN 61215-1:** Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1: Prescrizioni per le prove

**CEI EN 61215-2:** Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 2: Procedure di prova

**CEI EN 61000-3-2:** Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-2: Limiti - Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase)

**CEI EN 60555-1:** Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili -Parte 1: Definizioni

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>4</b>	<b>40</b>

 <p><b>3E Ingegneria S.r.l.</b> PISA</p>	<p><b>Impianto Fotovoltaico “Rotello”</b> Relazione calcolo preliminare impianti</p> <p>OGGETTO / SUBJECT</p>	 <p><b>lbvi 3 s.r.l.</b></p> <p>CLIENTE / CUSTOMER</p>
---	---	---

**CEI EN 60439:** Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT)

**CEI EN 60445:** Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Identificazione dei morsetti degli apparecchi, delle estremità dei conduttori e dei conduttori

**CEI EN 60529:** Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

**CEI EN 60099:** Scaricatori

**CEI 20-19:** Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V

**CEI 20-20:** Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750

**CEI 81-10/1/2/3/4 :** Protezione contro i fulmini

**CEI 0-2:** Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici

**UNI 10349:** Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici

**CEI EN 61724:** Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati

**CEI EN 62305-1:** Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali

**CEI EN 62305-2:** Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio

**CEI EN 62305-3:** Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone

**CEI EN 62305-4:** Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>5</b>	<b>40</b>

 <p><b>3E Ingegneria S.r.l.</b> PISA</p>	<p><b>Impianto Fotovoltaico “Rotello” Relazione calcolo preliminare impianti</b></p> <p>OGGETTO / SUBJECT</p>	 <p><b>lbvi 3 s.r.l.</b> CLIENTE / CUSTOMER</p>
---	---	--

**CEI 81-29:** Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305

**CEI 81-30:** Protezione contro i fulmini. Reti di localizzazione fulmini (LLS). Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di Ng (Norma CEI EN 62305-2)

**IEC 60364-7-712:** Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.

**D. Lgs. 81/2008** Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

**DM 37/2008** Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005.

**CEI 0-16** Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica

**CEI 82-25** Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica e collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione

**Allegato A alla deliberazione ARG/elt99/08 valido per le richieste di connessione presentate a partire dall'1 gennaio 2011 –Versione integrata e modificata dalle deliberazioni ARG/elt79/08, ARG/elt205/08, ARG/elt130/09, ARG/elt125/10, ARG/elt51/11,ARG/elt148/11,ARG/elt187/11,226/2012/R/eel,328/2012/R/eel, 578/2013/R/eel,574/2014/R/eel,400/2015/R/eel,558/2015/R/eel,424/2016/R/eel,581/2017/R/eel, 564/2018/R/eel 592/2018/R/eel** Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti con obbligo di connessioni di terzi degli impianti di produzione (testo integrato delle connessioni attive – **TICA**)

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>6</b>	<b>40</b>



### 3. CALCOLO DELLE CORRENTI NELLE CONDIZIONI DI MASSIMA PRODUZIONE

Dal calcolo di producibilità riportato nella relazione tecnica descrittiva si evince che la massima potenza è pari a 110,7 MW (50°C).

L'impianto è suddiviso in 19 campi; la potenza tra i vari campi è ripartita secondo il seguente prospetto, che riporta anche le caratteristiche di ciascuna cabina di campo, nonché il numero di strutture, di moduli e di inverter afferenti a ciascuna area.

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)			
FV_1	Fisso	25	3	21	1575	882	5	875			
FV_2	Fisso	25	3	59	4425	2478	12	2100			
FV_3	Fisso	25	3	146	10950	6132	29	5075			
FV_4	Fisso	25	3	76	5700	3192	15	2625			
				<b>302</b>	<b>22650</b>	<b>12684</b>	<b>61</b>	<b>10675</b>			
								Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)	
							17	2975	1	C2_1	3000
							29	5075	1	C3_1	6000
							15	2625	1	C4_1	3000
							<b>Tot inverter</b>	<b>61</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>3</b>	<b>12000</b>

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)			
FV_5	Fisso	25	3	515	38625	21630	102	17850			
								Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)	
							21	3675	1	C5_1	4000
							21	3675	1	C5_2	4000
							20	3500	1	C5_3	4000
							20	3500	1	C5_4	4000
							20	3500	1	C5_5	4000
							<b>Tot inverter</b>	<b>102</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>5</b>	<b>20000</b>

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)			
FV_6	Fisso	25	3	221	16575	9282	44	7700			
								Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)	
							26	4550	1	C6_1	6000
							18	3150	1	C6_2	4000
							<b>Tot inverter</b>	<b>44</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>2</b>	<b>10000</b>

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)			
FV_7	Fisso	25	3	73	5475	3066	15	2625			
								Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)	
							15	2625	1	C7_1	3000
							<b>Tot inverter</b>	<b>15</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>1</b>	<b>3000</b>

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)			
FV_8	Fisso	25	3	113	8475	4746	23	4025			
								Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)	
							23	4025	1	C8_1	6000
							<b>Tot inverter</b>	<b>23</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>1</b>	<b>6000</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

**Impianto Fotovoltaico "Rotello"**  
**Relazione calcolo preliminare impianti**

OGGETTO / SUBJECT



Ibvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)					
FV_9	Fisso	25	3	16	1200	672	4	700					
FV_10	Fisso	25	3	244	18300	10248	49	8575					
				<b>260</b>	<b>19500</b>	<b>10920</b>	<b>53</b>	<b>9275</b>					
										Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)			
							27	4725	1	C10_1	6000		
							26	4550	1	C10_2	6000		
							<b>Tot inverter</b>	<b>53</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>2</b>		<b>12000</b>	

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)					
FV_11	Fisso	25	3	162	12150	6804	32	5600					
FV_12	Fisso	25	3	68	5100	2856	14	2450					
FV_13	Fisso	25	3	18	1350	756	4	700					
				<b>248</b>	<b>18600</b>	<b>10416</b>	<b>50</b>	<b>8750</b>					
										Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)			
							16	2800	1	C11_1	4000		
							16	2800	1	C11_2	4000		
							18	3150	1	C12_1	4000		
							<b>Tot inverter</b>	<b>50</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>3</b>		<b>12000</b>	

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)					
FV_14	Fisso	25	3	310	23250	13020	61	10675					
										Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)			
							31	5425	1	C14_1	6000		
							30	5250	1	C14_2	6000		
							<b>Tot inverter</b>	<b>61</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>2</b>		<b>12000</b>	

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)					
FV_15	Fisso	25	3	385	28875	16170	76	13300					
										Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)			
							26	4550	1	C15_1	6000		
							25	4375	1	C15_2	6000		
							25	4375	1	C15_3	6000		
							<b>Tot inverter</b>	<b>76</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>3</b>		<b>18000</b>	

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)					
FV_16	Fisso	25	3	63	4725	2646	13	2275					
FV_17	Fisso	25	3	229	17175	9618	46	8050					
				<b>292</b>	<b>21900</b>	<b>12264</b>	<b>59</b>	<b>10325</b>					
										Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)			
							13	2275	1	C16_1	3000		
							23	4025	1	C17_1	6000		
							23	4025	1	C17_2	6000		
							<b>Tot inverter</b>	<b>59</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>3</b>		<b>15000</b>	

Area	Tipo	Righe	Colonne	#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)					
FV_18	Fisso	25	3	76	5700	3192	15	2625					
FV_19	Fisso	25	3	66	4950	2772	13	2275					
				<b>142</b>	<b>10650</b>	<b>5964</b>	<b>28</b>	<b>4900</b>					
										Ripartiz. inverter/cabina			
							#inv/cab	#cabine	nome cab.	Pcab (kVA)			
							15	2625	1	C18_1	3000		
							13	2275	1	C19_1	3000		
							<b>Tot inverter</b>	<b>28</b>	<b>TOT CAB.</b>	<b>2</b>		<b>6000</b>	

RIEPILOGO								
#strutture	#moduli	P (kWp)	N Inverter	Pac (kW)	#cabine		Pcab (kVA)	Pcab/Pinv
<b>2861</b>	<b>214575</b>	<b>120162</b>	<b>572</b>	<b>100100</b>	<b>27</b>		<b>126000</b>	<b>1.259</b>

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>8</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Le cabine di campo sono di 3 diverse taglie: 3000, 4000 e 6000 kVA. Il trasformatore di cabina è con doppio secondario, 33 kV / 0.8 kV / 0.8 kV.

Dal prospetto sopra riportato si evince che:

Il rapporto fra potenza di picco lato corrente continua e potenza inverter è pari a 1,2 valore tipico per il dimensionamento degli inverter.

Il rapporto fra potenza nominale delle cabine e potenza nominale degli inverter è 1,26, valore che tiene conto del margine necessario per i flussi di potenza reattiva.

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>9</b>	<b>40</b>



## 4. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO ELETTRICO

### 4.1 Cavi BT

Il dimensionamento dei cavi e le scelte dei relativi dispositivi di protezione sono stati effettuate sulla base delle prescrizioni della Norma CEI 64-8, in modo da assicurare la protezione delle condutture contro le sovracorrenti. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2, \text{ dove:}$$

$I_b$  = corrente di impiego del cavo

$I_n$  = corrente nominale dell'interruttore

$I_z$  = portata del cavo

$I_{cc}$  = corrente di cortocircuito

$t$  = tempo di intervento dell'interruttore

$K$  = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo

$S$  = sezione del cavo

La tipologia e sezione dei cavi, come già riportato nel doc. 064.20.01.R.02, è la seguente:

Cavo di collegamento dei moduli di stringa:

$$S=6 \text{ mm}^2 \quad I_z (T_a=60 \text{ C}^\circ) = 70\text{A (TECSUN (PV) PV1-F 0,6/1 kV AC (1,5 kV DC))}$$

Cavi di collegamento dagli inverter ai quadri di parallelo:

conduttore in rame

$$S=95 \text{ mm}^2$$

$$I_z (T_a=20 \text{ C}^\circ, \rho=1 \text{ }^\circ\text{Cm/W}) (\text{FG16R16}) = 331 \text{ A (posa interrata)}$$

$$242 \text{ A (posa interrata in tubo)}$$

Le caratteristiche dei cavi suddetti sono riportati nella seguente tabella.

064.20.01.R.12	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>10</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

**Impianto Fotovoltaico "Rotello"**  
**Relazione calcolo preliminare impianti**

OGGETTO / SUBJECT



Ibvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

**FG16R16**

sezione nominale	diametro indicativo conduttore	spessore medio isolante	diametro esterno massimo	peso indicativo del cavo	resistenza massima a 20 °C in c. c.	30 °C in aria	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C			raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>approximate conductor diameter</i>	<i>average insulation thickness</i>	<i>maximum outer diameter</i>	<i>approx. weight</i>	<i>maximum DC resistance at 20 °C</i>	<i>in open air at 30 °C</i>	<i>in duct in air at 30 °C</i>	<i>permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C</i>		<i>minimum bending radius</i>
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)			ρ=1°C m/W	ρ=1,5°C m/W	(mm)

**1 conduttore / Single core - tab. CEI-UNEL 35318**

1,5	1,5	0,7	8,2	79	13,3	24	20	22	21	35	32	74
2,5	2	0,7	8,7	94	7,98	33	28	29	27	45	39	78
4,0	2,5	0,7	9,3	112	4,95	45	37	37	35	58	51	84
6,0	3	0,7	9,9	139	3,30	58	48	47	44	73	64	89
10,0	3,9	0,7	10,9	188	1,91	80	66	63	59	97	85	98
16,0	5	0,7	11,4	227	1,21	107	88	82	77	125	110	103
25,0	6,4	0,9	13,2	331	0,780	135	117	108	100	160	141	119
35,0	7,7	0,9	14,6	425	0,554	169	144	132	121	191	169	131
50,0	9,2	1,0	16,4	579	0,386	207	175	166	150	226	199	148
70,0	11,0	1,1	17,3	784	0,272	268	222	204	184	277	244	156
95,0	12,5	1,1	24,4	989	0,206	328	269	242	217	331	292	220
120,0	14,2	1,2	22,4	1250	0,161	383	312	274	251	377	332	202
150,0	15,8	1,4	24,8	1540	0,129	444	355	324	287	420	370	223
185,0	17,5	1,6	27,2	1890	0,106	510	417	364	323	476	419	245
240,0	20,1	1,7	30,4	2410	0,0801	607	490	427	379	550	484	274
300,0	22,5	1,8	33,0	3030	0,0641	703	-	484	429	620	546	297

Tabella 4.1: caratteristiche dei cavi BT

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>11</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



Ibvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

## 4.2 Cavi MT

Il tipo di cavo utilizzato, come già riportato nel doc. 064.20.01.R02, è il cavo denominato ARE4H5E 18/30 kV. Le caratteristiche dei cavi suddetti sono riportati nella seguente tabella.

### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)

### Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14,0	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41,0	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

### Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

Tabella 4.2: caratteristiche dei cavi MT

Il dimensionamento dei cavi di media tensione è stato effettuato tenendo conto della corrente di impiego e della portata del cavo sopra indicate, quest'ultima dipendente, oltre che dalla tipologia di cavi, anche dalle modalità di posa degli stessi e dalla presenza di più cavi nello stesso scavo. Si riassumono nella seguente tabella i risultati del calcolo.

Cavo							n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica		
C2_1	Cl_3	1,165	55.00	3 x 1 x 70	1	2	1,165	134.4	0.25%	Port. OK		
C3_1	Cl_3	20	94.00	3 x 1 x 70	1	1	20	156.2	0.01%	Port. OK		
C4_1	Cl_3	410	48.00	3 x 1 x 70	1	2	410	134.4	0.08%	Port. OK		
Cl_3	Staz. Utenza	4,850	197.00	1 x 500	1	10	4,850	223.7	0.00%	Port. OK		

Cavo							n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie //	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica		
C5_1	C5_2	230	68.00	3 x 1 x 70	1	1	230	156.2	0.06%	Port. OK		
C5_2	C5_3	380	136.00	3 x 1 x 70	1	1	380	156.2	0.20%	Port. OK		
C5_3	C5_5	420	201.00	3 x 1 x 240	1	1	420	306.9	0.09%	Port. OK		
C5_5	Cl_5	500	266.00	3 x 1 x 240	1	1	500	306.9	0.14%	Port. OK		
C5_4	Cl_5	190	65.00	3 x 1 x 70	1	1	190	156.2	0.05%	Port. OK		
Cl_5	Staz. Utenza	9,450	331.00	1 x 400	2	10	18,900	393.7	1.05%	Port. OK		

064.20.01.R.12	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dicembre 2020	12	40



Cavo						n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C6_2	C6_1	150	58.00	3 x 1 x 70	1	1	150	156.2	0.03%	Port. OK	
C6_1	Cl_6	10	142.00	3 x 1 x 70	1	1	10	156.2	0.01%	Port. OK	
Cl_6	Cl_8	1,370	142.00	3 x 1 x 150	1	4	1,370	184.4	0.35%	Port. OK	
C7_1	Cl_8	50	48.00	3 x 1 x 70	1	4	50	115.6	0.01%	Port. OK	
C8_1	Cl_8	110	74.00	3 x 1 x 70	1	4	110	115.6	0.03%	Port. OK	
Cl_8	Staz. Utenza	7,450	264.00	1 x 300	2	10	14,900	337.2	0.85%	Port. OK	

Cavo						n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C10_1	C10_2	360	87.00	3 x 1 x 70	1	1	360	156.2	0.12%	Port. OK	
C10_2	Cl_11	460	171.00	3 x 1 x 150	1	1	460	249.2	0.14%	Port. OK	
C11_1	C11_2	330	55.00	3 x 1 x 70	1	1	330	156.2	0.07%	Port. OK	
C11_2	Cl_11	10	110.00	3 x 1 x 70	1	1	10	156.2	0.00%	Port. OK	
C12_1	Cl_11	390	52.00	3 x 1 x 70	1	7	390	100.0	0.08%	Port. OK	
Cl_11	Staz. Utenza	6,130	333.00	1 x 400	2	10	12,260	393.7	0.69%	Port. OK	

Cavo						n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C16_1	Cl_17	410	42.00	3 x 1 x 70	1	1	410	156.2	0.07%	Port. OK	
C17_1	Cl_17	240	74.00	3 x 1 x 70	1	1	240	156.2	0.07%	Port. OK	
C17_2	Cl_17	390	74.00	3 x 1 x 70	1	1	390	156.2	0.11%	Port. OK	
Cl_17	Staz. Utenza	3,300	190.00	1 x 500	1	10	3,300	223.7	0.33%	Port. OK	

Cavo						n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C14_2	C14_1	410	97.00	3 x 1 x 70	1	1	410	156.2	0.15%	Port. OK	
C14_1	Cl_14	110	197.00	3 x 1 x 150	1	1	110	249.2	0.04%	Port. OK	
Cl_14	Staz. Utenza	8,270	197.00	1 x 500	1	10	8,270	223.7	0.85%	Port. OK	

Cavo						n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C15_2	C15_3	460	81.00	3 x 1 x 70	1	1	460	156.2	0.14%	Port. OK	
C15_3	C15_1	330	162.00	3 x 1 x 150	1	1	330	249.2	0.10%	Port. OK	
C15_1	Cl_15	130	246.00	3 x 1 x 150	1	1	130	249.2	0.06%	Port. OK	
Cl_15	Staz. Utenza	8,180	246.00	1 x 630	1	10	8,180	252.5	0.82%	Port. OK	

Cavo						n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C18_1	Staz. Utenza	1,330	48.00	3 x 1 x 70	1	1	1,330	156.2	0.24%	Port. OK	

Cavo						n° cavi					
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm <sup>2</sup> ]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C19_1	Staz. Utenza	30	42.00	3 x 1 x 70	1	1	30	156.2	0.00%	Port. OK	

Le linee saranno posate all'interno di uno scavo, di dimensioni opportune, aventi una profondità minima di posa tale da garantire almeno 1 m, misurato dall'estradosso superiore del tubo.

Di seguito si riportano due tipologie di sezione tipica di posa di esempio; per la totalità delle sezioni tipiche di posa, si rimanda alla tavola grafica 064.20.01.W20.

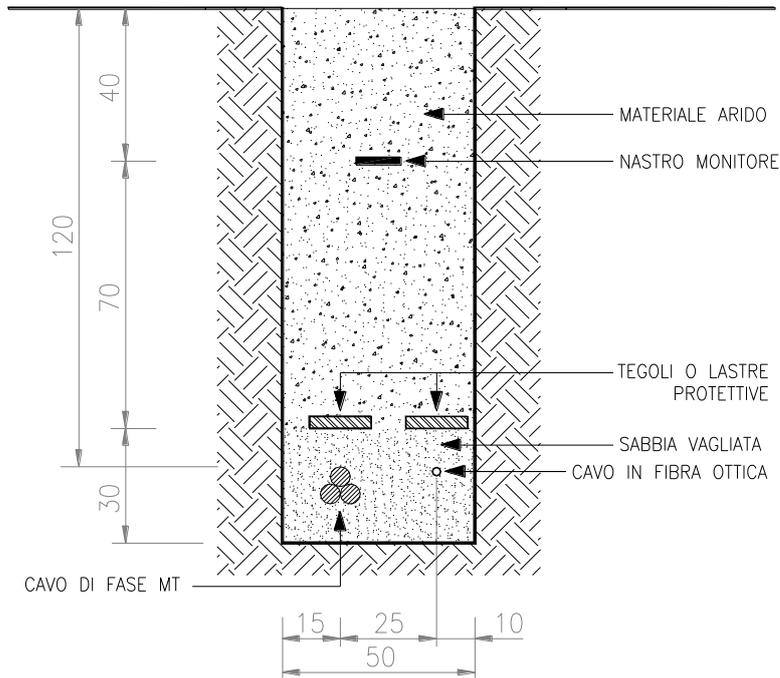


Fig. 4.1: Sezione tipo posa cavo MT con n° 1 linea

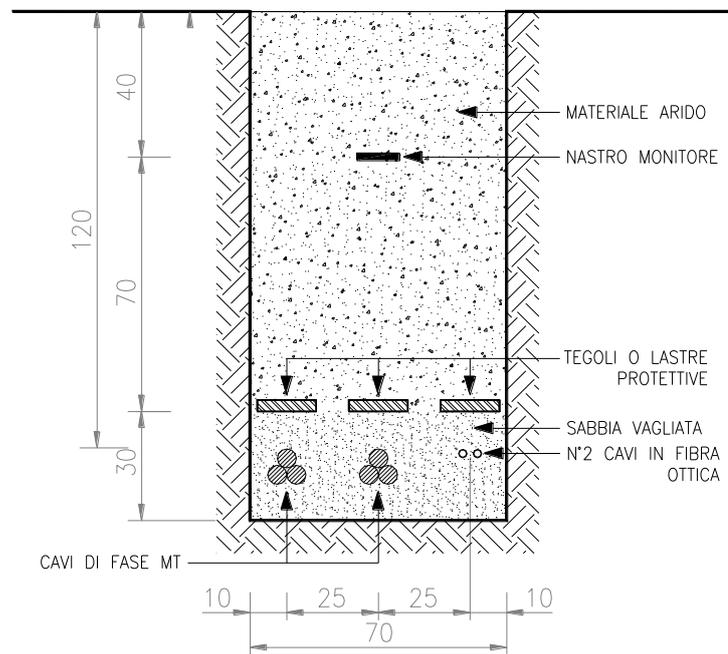


Fig. 4.2: Sezione tipo posa cavo MT con n° 2 linee

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>14</b>	<b>40</b>



### 4.3 Trasformatori e inverter

Le cabine utilizzate sono di tre taglie: 3000, 4000 e 6000 kVA.

Nella seguente tabella si riassumono i valori dei rapporti  $k_1$  e  $k_2$ , così calcolati:

$$k_1 = \frac{P_p}{P_{n\_inv}}, \quad k_2 = \frac{P_{n\_tr}}{P_{n\_inv}}, \quad \text{dove:}$$

$P_p$  = potenza di picco afferente alla singola cabina

$P_{n\_tr}$  = potenza nominale trasformatore

$P_{n\_inv}$  = potenza nominale degli inverter afferenti alla singola cabina

nome cab.	#moduli	#inv/cab	Pcab (kVA)	k1	k2
				Pp/Pn_inv	Pn_tr/Pn_inv
C2_1	6000	17	3000	1.129	1.01
C3_1	10950	29	6000	1.208	1.18
C4_1	5700	15	3000	1.216	1.14
C5_1	7725	21	4000	1.177	1.09
C5_2	7725	21	4000	1.177	1.09
C5_3	7725	20	4000	1.236	1.14
C5_4	7725	20	4000	1.236	1.14
C5_5	7725	20	4000	1.236	1.14
C6_1	9975	26	6000	1.228	1.32
C6_2	6600	18	4000	1.173	1.27
C7_1	5475	15	3000	1.168	1.14
C8_1	8475	23	6000	1.179	1.49
C10_1	9750	27	6000	1.156	1.27
C10_2	9750	26	6000	1.200	1.32
C11_1	6200	16	4000	1.240	1.43
C11_2	6200	16	4000	1.240	1.43
C12_1	6200	18	4000	1.102	1.27
C14_1	11625	31	6000	1.200	1.11
C14_2	11625	30	6000	1.240	1.14
C15_1	9625	26	6000	1.185	1.32
C15_2	9625	25	6000	1.232	1.37
C15_3	9625	25	6000	1.232	1.37
C16_1	4380	13	3000	1.078	1.32
C17_1	8760	23	6000	1.219	1.49
C17_2	8760	23	6000	1.219	1.49
C18_1	5700	15	3000	1.216	1.14
C19_1	4950	13	3000	1.218	1.32
TOTALE	214575	572	126000		



## 5. SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

### 5.1 Protezione contro i contatti diretti

Per la parte di impianto in bassa tensione la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

Per le cabine di campo, la protezione contro i contatti diretti nei confronti del trasformatore potrà essere realizzata mediante barriere di protezione e distanziamenti di caratteristiche conformi alla Norma CEI EN 61936-1. Trattandosi di trasformatori in olio, il cassone in acciaio è a tutti gli effetti uno schermo metallico che, una volta collegato a terra, può essere a portata di mano. Le parti attive isolate non schermate sono costituite dagli isolatori passanti di media tensione.

Le distanze minime in relazione alle caratteristiche della barriera utilizzata sono riportate nella seguente tabella.

Tensione nominale Un/Um [kV]	Tensione di tenuta all'impulso Up [kV]	Tipo di barriera	Distanza [mm]
15/17.5	95	Parete rigida senza aperture	160
		Rete metallica IP1XB <sup>(1)</sup>	260
		Rete metallica IP2X <sup>(2)</sup>	240
20/24	125	Parete rigida senza aperture	160
		Rete metallica IP1XB <sup>(1)</sup>	260
		Rete metallica IP2X <sup>(2)</sup>	240

(1) Una rete con grado di protezione IP1XB non può essere attraversata da una sfera di diametro 50 mm; ad esempio una rete metallica di maglia 4 cm x 4 cm

(2) Una rete con grado di protezione IP2X non può essere attraversata da una sfera di diametro 12,5 mm; ad esempio una rete metallica di maglia 1 cm x 1 cm

*Tabella 5.1: distanza di protezione delle barriere dalle parti attive*

### 5.2 Protezione contro i contatti indiretti

#### 5.2.1 Sezione di impianto in bassa tensione

Per la sezione di impianto in bassa tensione la protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- messa a terra delle masse e delle masse estranee;

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>16</b>	<b>40</b>



- scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.
- ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in Tabella 5.2:

$$Z_S \times I_a \leq U_0$$

dove:

$Z_S$  è l'impedenza dell'anello di guasto comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la  $I_a$  è la corrente differenziale  $I_{\Delta n}$ .

$U_0$  tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase – terra) in Volt

<b><math>U_0</math>(V)</b>	<b>Tempo di interruzione (s)</b>
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Tabella 5.2: tempi massimi di interruzione per sistemi TN

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantito dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità ogni inverter sarà munito di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.



### 5.2.2 Sezione di impianto in media tensione

Le linee della sezione di impianto a media tensione saranno protette mediante interruttori automatici con sganciatori di massima corrente di tipo elettronico. La protezione contro i guasti a terra sarà assicurata da:

- massima tensione omopolare (59N)
- direzionale di terra (67N).

### 5.2.3 Sezione di impianto in alta tensione

In corrispondenza del punto di consegna saranno installati:

1) il Sistema di Protezione Generale (SPG), dotata delle seguenti funzioni protettive come da Norma CEI 0-16:

- massima corrente (50/51);
- massima corrente verso terra (50N/51N);
- direzionale di terra (67N);

2) il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI), dotata delle seguenti funzioni protettive come da Norma CEI 0-16:

- massima tensione (59, con due soglie);
- minima tensione (27, con due soglie);
- massima tensione omopolare V0 lato MT (59.N, ritardata);
- massima frequenza (81>.S1 con sblocco voltmetrico);
- minima frequenza (81<.S1 con sblocco voltmetrico);
- massima frequenza (81>.S2);
- minima frequenza (81<.S2);
- funzione di sblocco voltmetrico basata sulle funzioni:

massima tensione residua (59V0, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive 81>.S1 e 81<.S1);

massima tensione di sequenza inversa (59Vi, sblocco voltmetrico per attivazione delle

soglie restrittive 81>.S1 e 81<.S1);

minima tensione di sequenza diretta (27Vd, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive 81>.S1 e 81<.S1).

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>18</b>	<b>40</b>



## 6. PROTEZIONE CONTRO LE FULMINAZIONI

Nel presente capitolo si effettua la valutazione del rischio di fulminazione delle strutture facenti parti dell'impianto fotovoltaico in oggetto, con riferimento al rischio di perdita di vita umana.

### 6.1 Individuazione delle strutture da proteggere

Le strutture da installare all'interno dell'impianto fotovoltaico consistono in:

- impianto FV (FV)
- cabine di campo (CC)
- cabina di impianto (CI)
- cabina di consegna (CO)

Per tali strutture si è proceduto al calcolo del solo rischio di perdita di vite umane (rischio di tipo 1), secondo quanto previsto dalla Norma CEI EN 62305-2.

### 6.2 Definizione delle componenti di rischio

L'impostazione della valutazione del rischio secondo la Norma CEI EN 62305-2 si basa sulle seguenti definizioni:

Sorgenti di danno

- S1: fulmine sulla struttura
- S2: fulmine in prossimità della struttura
- S3: fulmine sulla linea
- S4: fulmine in prossimità della linea

Tipo di danno

- D1: danno ad esseri viventi per elettrocuzione
- D2: danno materiale
- D3: guasto di impianti elettrici ed elettronici

Tipo di perdita

- L1: perdita di vite umane, alla quale è associato il rischio R1
- L2: perdita di servizio pubblico, alla quale è associato il rischio R2
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile, alla quale è associato il rischio R3
- L4: perdita economica, alla quale è associato il rischio R4

Nel presente documento si fa riferimento alla sola perdita di vite umane (L1), in quanto le altre non sono di interesse per il caso specifico.

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>19</b>	<b>40</b>



## Componenti di rischio

Le singole componenti di rischio definite nella suddetta norma sono le seguenti:

### Sorgente S1

RA = componente relativa ai danni ad esseri viventi per elettrocuzione dovuta a tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno in zone fino a 3 m attorno alle calate.

RB = componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono anche essere pericolose per l'ambiente.

RC = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

### Sorgente S2

RM = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

### Sorgente S3

RU = componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovuta alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura stessa.

RV = componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso la linea entrante.

RW = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

### Sorgente S4

RZ = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>20</b>	<b>40</b>

 <b>3E Ingegneria S.r.l.</b>  <b>PISA</b>	<b>Impianto Fotovoltaico “Rotello”</b> <b>Relazione calcolo preliminare impianti</b>  OGGETTO / SUBJECT	 <b>lbvi 3 s.r.l.</b>  CLIENTE / CUSTOMER
---	--	--

La Norma associa le componenti di rischio ai rischi relativi a ciascun tipo di perdita, come riportato nella seguente Tabella 6.1.

Sorgente di danno	Fulminazione diretta della struttura (S1)			Fulminazione in prossimità della struttura (S2)	Fulminazione diretta di una linea entrante (S3)	Fulminazione in prossimità di una linea entrante (S4)		
	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
Componente di rischio								
Rischio per ciascun tipo di perdita								
R1	X	X	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	X	X	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>
R2		X	X	X		X	X	X
R3		X				X		
R4	X <sup>(2)</sup>	X	X	X	X <sup>(2)</sup>	X	X	X

*Tabella 6.1: componenti di rischio*

<sup>(1)</sup> Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana

<sup>(2)</sup> Soltanto in strutture ad uso agricolo in cui si può verificare la perdita di animali

Nel caso in esame, ove è di interesse il solo rischio R1 si ha pertanto:

$$R_1 = R_A + R_U + R_B + R_V$$

Il calcolo delle componenti di rischio è effettuato con le seguenti formule:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad \text{dove: } L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad \text{dove: } L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_U = (N_L + N_{Dj}) \times P_U \times L_U \quad \text{dove: } L_U = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_V = (N_L + N_{Dj}) \times P_V \times L_V \quad \text{dove: } L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

e dove:

N<sub>D</sub> = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura

N<sub>L</sub> = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta di una linea

N<sub>Dj</sub> = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura adiacente

P<sub>A</sub> = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sulla struttura)

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>21</b>	<b>40</b>



$P_B$  = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sulla struttura)

$P_U$  = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sul servizio connesso)

$P_V$  = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sul servizio connesso)

$L_T$  = percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1) causato da un evento pericoloso

$L_F$  = percentuale media di vittime per danno materiale (D2) causato da un evento pericoloso

$r_t$  = fattore di riduzione dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione

$r_p$  = fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio

$r_f$  = fattore di riduzione delle perdite correlato al carico di incendio

$h_z$  = fattore che incrementa le perdite in presenza di pericoli particolari

$n_z$  = numero delle persone nella zona

$n_t$  = numero di persone nella struttura

$t_z$  = tempo in ore all'anno per cui le persone sono presenti nella zona

Individuazione delle strutture da proteggere e delle linee ad esse collegate.

Per l'impianto in oggetto le strutture da proteggere sono le seguenti:

- cabina di campo (CC)
- cabina di impianto/consegna (CI)
- strutture di sostegno pannelli fotovoltaici (FV)
- stazione di utenza (SU).

Sulla base delle caratteristiche delle strutture in esame e delle modalità di collegamento tra di esse, la schematizzazione è la seguente:

- relativamente alle cabine di campo, sono state considerate due linee: una linea "equivalente", rappresentativa delle linee verso gli inverter in campo, l'altra verso la cabina di impianto o di campo; per questa seconda linea si è tenuto conto della presenza del trasformatore MT/BT;
- relativamente alla cabina di impianto/consegna, è stata considerata una linea equivalente di connessione verso la cabina di campo e/o verso la stazione di utenza; la lunghezza è stata cautelativamente maggiorata rispetto a quella reale;

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>22</b>	<b>40</b>



- relativamente alle strutture di sostegno dei pannelli FV, è stata considerata la connessione con la relativa cabina di campo;
- relativamente alla stazione di utenza sono state considerate tre linee equivalenti verso gli impianti, tenendo conto che diverse linee saranno posate nello stesso scavo.

Il valore di  $N_g$  (densità di fulminazione annua), è ottenuto tramite il software ZEUS (TNE) da una banca dati europea ed è conforme alla guida CEI 81-30 (vedi allegato cap.8):

Rotello:  $N_g$ : 1,45 fulmini/anno/km<sup>2</sup>

Ururi:  $N_g$ : 1,09 fulmini/anno/km<sup>2</sup>

Si precisa che nel calcolo è stato considerato cautelativamente il valore di  $N_g$  maggiore.

Le aree di raccolta AD dei fulmini diretti sulle singole strutture sono state valutate analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.2.

Le aree di raccolta AM dei fulmini a terra vicino alle strutture, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, sono state valutate analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.3.

Le aree di raccolta AL e AI di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.4 e A.5.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N), nonché delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportati nell'allegato al cap.7.

## 6.3 Risultati del calcolo

### 6.3.1 Cabina di campo

Le dimensioni massime della struttura sono:

A (m): 7   B (m): 3   H (m): 3   Hmax (m): 3

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: industriale

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a perdita di vite umane. In accordo con la norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine deve pertanto essere calcolato il rischio R1.

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>23</b>	<b>40</b>



- Linea di energia: Linee BT da campo FV
- Linea di energia: Linea MT verso cab. di imp.to

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

RA: 7,52E-11

RB: 7,54E-11

Totale: 1,51E-10

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,51E-10

Il rischio complessivo R1 = 1,51E-10 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05

Poiché il rischio complessivo R1 = 1,51E-10 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05 , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

### 6.3.2 Cabina di impianto

Le dimensioni massime della struttura sono:

A (m): 12 B (m): 25 H (m): 2,5 Hmax (m): 2,5

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: industriale

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a perdita di vite umane. In accordo con la norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine deve pertanto essere calcolato il rischio R1.

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: Linea MT verso cab. o staz.

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

RA: 6,98E-11

RB: 6,99E-11

RU(Impianto interno): 1,33E-08

RV(Impianto interno): 1,33E-08

Totale: 2,67E-08

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 2,67E-08

Poiché il rischio complessivo R1 = 2,67E-08 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05 , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

064.20.01.R.12	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dicembre 2020	24	40



### 6.3.3 Strutture dei moduli fotovoltaici

Le dimensioni massime della struttura sono:

A (m): 28    B (m): 7    H (m): 4    Hmax (m): 4

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: industriale

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a perdita di vite umane. In accordo con la norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine deve pertanto essere calcolato il rischio R1.

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: Linea CC da inverter

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

RA: 2,46E-9

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 2,46E-9.

Poiché il rischio complessivo  $R1 = 2,46E-9$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$ , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

### 6.3.4 Stazione di utenza

Le dimensioni massime della struttura sono:

A (m): 23    B (m): 5    H (m): 3    Hmax (m): 3

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: industriale

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a perdita di vite umane. In accordo con la norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine deve pertanto essere calcolato il rischio R1.

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: Linee MT da FV5-FV17
- Linea di energia: Linea MT da FV1-FV4
- Linea di energia: Linea MT da FV8

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>25</b>	<b>40</b>

 <b>3E Ingegneria S.r.l.</b> <b>PISA</b>	<b>Impianto Fotovoltaico “Rotello”</b> <b>Relazione calcolo preliminare impianti</b>  OGGETTO / SUBJECT	 <b>lbvi 3 s.r.l.</b>  CLIENTE / CUSTOMER
--	--	--

RA: 1,44E-10

RB: 1,45E-10

RU(Impianto interno): 3,97E-08

RV(Impianto interno): 3,98E-08

Totale: 7,98E-08

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 7,98E-08

Poiché il rischio complessivo  $R1 = 7,98E-08$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$ , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

#### 6.4 CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati sopra esposti relativi alle strutture dell’impianto in oggetto, si può concludere che, per quanto riguarda la perdita di vite umane, essendo il rischio ottenuto inferiore al valore limite, non è necessaria alcuna misura di protezione.

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>26</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

## 7. ALLEGATO: PARAMETRI DI CALCOLO RISCHIO FULMINAZIONE

### 7.1 Cabina di campo

Dimensioni: A (m): 7 B (m): 3 H (m): 3 Hmax (m): 3

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore (CD = 0,5)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km<sup>2</sup>) Ng = 1,45

Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: Linee BT da campo FV

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata

Lunghezza (m) L = 1000

Resistività (ohm x m) · = 400

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Dimensioni della struttura da cui proviene la linea: A (m): 28 B (m): 7 H (m): 4

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (Cd): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

Caratteristiche della linea: Linea MT verso cab. di imp.to

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/BT

Lunghezza (m) L = 1000

Resistività (ohm x m) · = 400

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate:  $5 < R \leq 20$  ohm/km

Dimensioni della struttura da cui proviene la linea: A (m): 5 B (m): 2,5 H (m): 3

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (Cd): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: Struttura

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: ceramica (rt = 0,001)

064.20.01.R.12	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>27</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Rischio di incendio: ordinario ( $r_f = 0,01$ )

Pericoli particolari: nessuno ( $h = 1$ )

Protezioni antincendio: manuali ( $r_p = 0,5$ )

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Impianto interno

Alimentato dalla linea Linee BT da campo FV

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a  $0,5 \text{ m}^2$ ) ( $K_{s3} = 0,01$ )

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ( $PSPD = 1$ )

Valori medi delle perdite per la zona: Struttura

Rischio 1

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 200

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1)  $LA = LU = 2,28E-07$

Perdita per danno fisico (relativa a R1)  $LB = LV = 2,29E-07$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1:  $R_a$   $R_b$   $R_u$   $R_v$

Frequenza di danno

Frequenza di danno tollerabile  $FT = 0,1$

Non è stata considerata la perdita di animali

Applicazione del coefficiente  $r_f$  alla probabilità di danno PEB e PB: no

Applicazione del coefficiente  $r_t$  alla probabilità di danno PTA e PTU: no

FS1: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura

FS2: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura

FS3: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulle linee entranti nella struttura

FS4: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alle linee entranti nella struttura

FS1:  $3,30E-04$

FS2:  $2,53E-05$

FS3:  $3,01E-02$

FS4:  $1,74E+00$

Totale:  $1,77E+00$

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>28</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 4,55E-04 km<sup>2</sup>

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 3,92E-01 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 3,30E-04

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 5,68E-01

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

Linee BT da campo FV

AL = 0,040000 km<sup>2</sup>

AI = 4,000000 km<sup>2</sup>

Linea MT verso cab. di imp.to

AL = 0,040000 km<sup>2</sup>

AI = 4,000000 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

Linee BT da campo FV

NL = 0,029000

NI = 2,900000

Linea MT verso cab. di imp.to

NL = 0,005800

NI = 0,580000

Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (Impianto interno) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (Impianto interno) = 4,44E-05

PM = 4,44E-05

PU (Impianto interno) = 1,00E+00

PV (Impianto interno) = 1,00E+00

PW (Impianto interno) = 1,00E+00

PZ (Impianto interno) = 6,00E-01

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>29</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

## 7.2 Cabina di impianto

Caratteristiche della struttura

Dimensioni: A (m): 6 B (m): 2,5 H (m): 3 Hmax (m): 3

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore (CD = 0,5)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km<sup>2</sup>) Ng = 1,45

Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: Linea MT verso cab. o staz.

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/BT

Lunghezza (m) L = 10000

Resistività (ohm x m)  $\rho = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate:  $5 < R \leq 20$  ohm/km

Dimensioni della struttura da cui proviene la linea: A (m): 23 B (m): 5 H (m): 3

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (Cd): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

Caratteristiche delle zone

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: ceramica (rt = 0,001)

Rischio di incendio: ordinario (rf = 0,01)

Pericoli particolari: nessuno (h = 1)

Protezioni antincendio: manuali (rp = 0,5)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Impianto interno

Alimentato dalla linea Linea MT verso cab. o staz.

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m<sup>2</sup>) (Ks3 = 0,01)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (PSPD = 1)

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>30</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Valori medi delle perdite per la struttura

Rischio 1

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 200

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) LA = LU = 2,28E-07

Perdita per danno fisico (relativa a R1) LB = LV = 2,29E-07

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

Frequenza di danno

Frequenza di danno tollerabile FT = 0,1

Non è stata considerata la perdita di animali

Applicazione del coefficiente rf alla probabilità di danno PEB e PB: no

Applicazione del coefficiente rt alla probabilità di danno PTA e PTU: no

FS1: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura

FS2: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura

FS3: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulle linee entranti nella struttura

FS4: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alle linee entranti nella struttura

FS1: 3,06E-04

FS2: 2,52E-05

FS3: 5,81E-02

FS4: 0,00E+00

Totale: 5,84E-02

Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 4,22E-04 km<sup>2</sup>

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 3,91E-01 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 3,06E-04

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 5,67E-01

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>31</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Linea MT verso cab. o staz.

AL = 0,400000 km<sup>2</sup>AI = 40,000000 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

Linea MT verso cab. o staz.

NL = 0,058000

NI = 5,800000

Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (Impianto interno) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (Impianto interno) = 4,44E-05

PM = 4,44E-05

PU (Impianto interno) = 1,00E+00

PV (Impianto interno) = 1,00E+00

PW (Impianto interno) = 1,00E+00

PZ (Impianto interno) = 0,00E+00

### 7.3 Strutture di sostegno dei pannelli FV

Caratteristiche della struttura

Dimensioni: A (m): 28 B (m): 7 H (m): 4 Hmax (m): 4

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore (CD = 0,5)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km<sup>2</sup>) Ng = 1,45

Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: Linea CC da inverter

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>32</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Lunghezza (m)  $L = 50$

Resistività (ohm x m)  $\cdot = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Caratteristiche delle zone

Tipo di zona: esterna

Tipo di suolo: erba ( $r_t = 0,01$ )

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Valori medi delle perdite per la struttura

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 200

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1)  $LA = 2,28E-06$

Rischi e componenti di rischio presenti nella struttura

Rischio 1: Ra

Frequenza di danno

Frequenza di danno tollerabile  $FT = 0,1$

Non è stata considerata la perdita di animali

Applicazione del coefficiente  $r_f$  alla probabilità di danno PEB e PB: no

Applicazione del coefficiente  $r_t$  alla probabilità di danno PTA e PTU: no

FS1: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura

FS2: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura

FS3: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulle linee entranti nella struttura

FS4: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alle linee entranti nella struttura

FS1:  $0,00E+00$

FS2:  $0,00E+00$

FS3:  $0,00E+00$

FS4:  $0,00E+00$

Totale:  $0,00E+00$

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>33</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 1,49E-03 km<sup>2</sup>

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 4,09E-01 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 1,08E-03

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 5,93E-01

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

Linea CC da inverter

AL = 0,002000 km<sup>2</sup>

AI = 0,200000 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

Linea CC da inverter

NL = 0,001450

NI = 0,145000

Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC = 0,00E+00

PM = 0,00E+00

#### 7.4 Stazione di utenza

Caratteristiche della struttura

Dimensioni: A (m): 23 B (m): 5 H (m): 3 Hmax (m): 3

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore (CD = 0,5)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km<sup>2</sup>) Ng = 1,45

Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: Linee MT da FV5-FV17

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>34</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Tipo di linea: energia - interrata

Lunghezza (m) L = 6000

Resistività (ohm x m)  $\cdot$  = 400

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate:  $5 < R \leq 20$   
ohm/km

Dimensioni della struttura da cui proviene la linea: A (m): 6 B (m): 2,5 H (m): 3

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (Cd): in area con oggetti  
di altezza uguale o inferiore

Caratteristiche della linea: Linea MT da FV1-FV4

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata

Lunghezza (m) L = 4000

Resistività (ohm x m)  $\cdot$  = 400

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate:  $5 < R \leq 20$   
ohm/km

Dimensioni della struttura da cui proviene la linea: A (m): 6 B (m): 2,5 H (m): 3

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (Cd): in area con oggetti  
di altezza uguale o inferiore

Caratteristiche della linea: Linea MT da FV8

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata

Lunghezza (m) L = 1000

Resistività (ohm x m)  $\cdot$  = 400

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate:  $5 < R \leq 20$   
ohm/km

Dimensioni della struttura da cui proviene la linea: A (m): 6 B (m): 2,5 H (m): 3

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>35</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Coefficiente di posizione della struttura da cui proviene la linea (Cd): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

#### Caratteristiche delle zone

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: ceramica (rt = 0,001)

Rischio di incendio: ordinario (rf = 0,01)

Pericoli particolari: nessuno (h = 1)

Protezioni antincendio: manuali (rp = 0,5)

Schermatura di zona: maglia - lato: w = 5 m (Rete equipotenziale conforme a IEC 62305-4)

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

#### Impianto interno

Alimentato dalla linea Linee MT da FV5-FV17

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m<sup>2</sup>) (Ks3 = 0,01)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (PSPD =1)

#### Valori medi delle perdite per la struttura

##### Rischio 1

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 200

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) LA = LU = 2,28E-07

Perdita per danno fisico (relativa a R1) LB = LV = 2,29E-07

#### Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

#### Frequenza di danno

Frequenza di danno tollerabile FT = 0,1

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>36</b>	<b>40</b>



Non è stata considerata la perdita di animali

Applicazione del coefficiente  $r_f$  alla probabilità di danno PEB e PB: no

Applicazione del coefficiente  $r_t$  alla probabilità di danno PTA e PTU: no

FS1: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura

FS2: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura

FS3: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulle linee entranti nella struttura

FS4: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alle linee entranti nella struttura

FS1: 6,33E-04

FS2: 2,34E-06

FS3: 1,74E-01

FS4: 0,00E+00

Totale: 1,75E-01

Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 8,73E-04 km<sup>2</sup>

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 4,04E-01 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 6,33E-04

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 5,86E-01

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

Linee MT da FV5-FV17

AL = 0,240000 km<sup>2</sup>

AI = 24,000000 km<sup>2</sup>

Linea MT da FV1-FV4

AL = 0,160000 km<sup>2</sup>

AI = 16,000000 km<sup>2</sup>

Linea MT da FV8

AL = 0,040000 km<sup>2</sup>

AI = 4,000000 km<sup>2</sup>

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>37</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

Linee MT da FV5-FV17

NL = 0,174000

NI = 17,400000

Linea MT da FV1-FV4

NL = 0,116000

NI = 11,600000

Linea MT da FV8

NL = 0,029000

NI = 2,900000

Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (Impianto interno) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (Impianto interno) = 4,00E-06

PM = 4,00E-06

PU (Impianto interno) = 1,00E+00

PV (Impianto interno) = 1,00E+00

PW (Impianto interno) = 1,00E+00

PZ (Impianto interno) = 0,00E+00

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>38</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

## 8. DENSITÀ DI FULMINAZIONE ANNUA PER IL SITO IN OGGETTO

### VALORE DI $N_G$

(CEI EN 62305 - CEI 81-30)

$$N_G = 1,45 \text{ fulmini / (anno km}^2\text{)}$$

### POSIZIONE

Latitudine: **41,766821° N**Longitudine: **15,007252° E**

### INFORMAZIONI

- Il valore di  $N_G$  è riferito alle coordinate geografiche fornite dall'utente (latitudine e longitudine, formato WGS84). E' responsabilità dell'utente verificare l'affidabilità degli strumenti utilizzati per la rilevazione delle coordinate stesse, ivi inclusi la precisione e l'accuratezza di eventuali rilevatori GPS utilizzati per rilevazioni sul campo.
- I valori di  $N_G$  derivano da rilevazioni ed elaborazioni effettuate secondo lo stato dell'arte della tecnologia e delle conoscenze tecnico-scientifiche in materia.
- Il valore di  $N_G$  dipende dalle coordinate inserite. In uno stesso Comune si possono avere più valori di  $N_G$ .
- I valori di  $N_G$  inferiori ad 1 sono stati arrotondati ad uno non essendo significativi valori inferiori all'unità (CEI 81-30, art. 6.5).
- Piccole variazioni delle coordinate possono portare a valori diversi di  $N_G$  a causa della natura discreta della mappa cartografica.
- I dati forniti da TNE srl possiedono le caratteristiche indicate dalla guida CEI 81-30 per essere utilizzati nella analisi del rischio prevista dalla norma CEI EN 62305-2.
- I valori di  $N_G$  forniti sono di proprietà di TNE srl. Senza il consenso scritto da parte della TNE, è vietata la raccolta e la divulgazione dei suddetti dati, anche a titolo gratuito, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo.

Data, 22 dicembre 2020

*Valore di  $N_G$  zona di Rotello*

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>39</b>	<b>40</b>



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"  
Relazione calcolo preliminare impianti

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

## VALORE DI $N_G$

(CEI EN 62305 - CEI 81-30)

$$N_G = 1,09 \text{ fulmini / (anno km}^2\text{)}$$

### POSIZIONE

Latitudine: **41,802972° N**

Longitudine: **15,052488° E**

### INFORMAZIONI

- Il valore di  $N_G$  è riferito alle coordinate geografiche fornite dall'utente (latitudine e longitudine, formato WGS84). E' responsabilità dell'utente verificare l'affidabilità degli strumenti utilizzati per la rilevazione delle coordinate stesse, ivi inclusi la precisione e l'accuratezza di eventuali rilevatori GPS utilizzati per rilevazioni sul campo.
- I valori di  $N_G$  derivano da rilevazioni ed elaborazioni effettuate secondo lo stato dell'arte della tecnologia e delle conoscenze tecnico-scientifiche in materia.
- Il valore di  $N_G$  dipende dalle coordinate inserite. In uno stesso Comune si possono avere più valori di  $N_G$ .
- I valori di  $N_G$  inferiori ad 1 sono stati arrotondati ad uno non essendo significativi valori inferiori all'unità (CEI 81-30, art. 6.5).
- Piccole variazioni delle coordinate possono portare a valori diversi di  $N_G$  a causa della natura discreta della mappa cartografica.
- I dati forniti da TNE srl possiedono le caratteristiche indicate dalla guida CEI 81-30 per essere utilizzati nella analisi del rischio prevista dalla norma CEI EN 62305-2.
- I valori di  $N_G$  forniti sono di proprietà di TNE srl. Senza il consenso scritto da parte della TNE, è vietata la raccolta e la divulgazione dei suddetti dati, anche a titolo gratuito, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo.

Data, 22 dicembre 2020

*Valore di  $N_G$  zona di Ururi*

<b>064.20.01.R.12</b>	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	<b>Dicembre 2020</b>	<b>40</b>	<b>40</b>