



**REGIONE TOSCANA**  
**PROVINCIA DI GROSSETO**  
**COMUNE DI ORBETELLO**



**FV02\_ORBETELLO**

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN<sub>DC</sub> 19,75 MW<sub>p</sub>**

**UBICAZIONE IMPIANTO:**

Strada vicinale del Guinzone, snc  
58015 - Orbetello (GR)  
Foglio 31-32, particelle 205-300-628; 139-148-  
149-150-340-341-358

**ITER AUTORIZZATIVO:**

VIA – Valutazione di Impatto Ambientale  
D.Lgs. n. 152/2006 artt. 23  
P.A.S. - Procedura Abilitativa Semplificata ai sensi dell'art.  
6 comm. 9bis - D.Lgs. n.28 del 03-03-2011

TITOLO		RELAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE				
CODICE COMMESSA Job Code	TIPO PROG. Proj. Type	TIPO ELAB. Design type	ID ELAB. Design ID	CATEGORIA Class	LINGUA Language	REVISIONE Revision
FV02	PD	RE	08	EL	IT	01
REV. 2						
REV. 1			26/09/2023	V. LA SCHIAZZA	E. TRUOCCHIO	A. COSTANTINI
REV. 0	EMISSIONE		14/07/2023	V. LA SCHIAZZA	E. TRUOCCHIO	A. COSTANTINI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

**COMMITTENTE:**

**ERMES S.p.A.**

Piazza Albania, 10 – 00153, Roma, Italia  
Tel: + 39 06 94838941  
www.ermesgroup.it  
info@ermesgroup.it  
ermes@pec.ermesgroup.it  
C.F.: 12730811002  
P.IVA: IT12730811002

**PROGETTISTA:**

**ERMES**  
SOLAR SOLUTION



## SOMMARIO

<b>1. PREFAZIONE</b>	<b>2</b>
1.1 GENERALITÀ	2
1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO	2
<b>2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO</b>	<b>2</b>
2.1 CEI EN 62305/1-4 - EDIZIONE 02/2013	2
<b>3. ALCUNE ABBREVIAZIONI</b>	<b>2</b>
<b>4. ALCUNE DEFINIZIONI da CEI EN 62305-2</b>	<b>3</b>
4.1 DANNO E PERDITA	3
4.1.1 Sorgenti di danno	3
4.1.2 Tipi di danno	3
4.1.3 Tipi di perdita	3
4.2 RISCHIO E COMPONENTI DI RISCHIO	4
4.2.1 Tipi di rischio	4
4.2.2 Componenti di rischio	5
<b>5. DATI INIZIALI</b>	<b>7</b>
5.1 DENSITÀ ANNUA DEI FULMINI A TERRA	7
5.2 VALORI CHE SARANNO ASSUNTI PER L'ELABORAZIONE DEI CALCOLI	7
<b>6. ANALISI DELLA STRUTTURA DELL'IMPIANTO</b>	<b>8</b>
6.1 DESCRIZIONE STRUTTURA - (STRUTTURE ED IMPIANTI PRINCIPALI)	8
6.2 LOCALIZZAZIONE DELLA STRUTTURA IN ESAME	10
6.2.1 Panoramica del sito	10
<b>7. ALLEGATO A</b>	<b>11</b>

## 1. PRAFAZIONE

### 1.1 GENERALITÀ

L'impianto Fotovoltaico avente una potenza nominale di 19,75 MW in corrente continua, è sito nel comune di Orbetello (GR) ed è costituito da 1102 tracker monoassiali 1x26 e 64 tracker in configurazione 1x13.

### 1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il documento è redatto allo scopo di effettuare una valutazione dei rischi conseguenti alle fulminazioni dirette ed indirette delle strutture di tutta l'area e dei servizi ad essa afferenti.

Dalla valutazione dei rischi si potrà successivamente esaminare la necessità di adeguare le misure di protezione per ridurre il valore dei singoli rischi a valori inferiori a quelli accettabili previsti dalle Norme.

## 2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

### 2.1 CEI EN 62305/1-4 - EDIZIONE 02/2013

La serie di Norme CEI EN 62305/1-4 è composta dalle seguenti quattro parti:

- CEI EN 62305-1 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Principi generali"
- CEI EN 62305-2 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio"
- CEI EN 62305-3 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"
- CEI EN 62305-4 Ed. 02/2013 "Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

## 3. ALCUNE ABBREVIAZIONI

- LPS: impianto completo usato per ridurre i danni dovuti alla fulminazione diretta della struttura.
- LEMP: impulso elettromagnetico del fulmine.
- N<sub>g</sub>: densità annua dei fulmini a terra.
- SPD: limitatore di sovratensione.

## 4. ALCUNE DEFINIZIONI da CEI EN 62305-2

### 4.1 DANNO E PERDITA

#### 4.1.1 Sorgenti di danno

La corrente di fulmine è la principale sorgente di danno. Le seguenti sorgenti sono distinte in base al punto d'impatto del fulmine:

- S1: fulmine sulla struttura;
- S2: fulmine in prossimità della struttura;
- S3: fulmine su un servizio;
- S4: fulmine in prossimità di un servizio

#### 4.1.2 Tipi di danno

Un fulmine può causare danni in funzione delle caratteristiche dell'oggetto da proteggere; i più importanti sono: tipo di costruzione, tipo di servizio e misure di protezione adottate.

Per la determinazione del rischio distinguiamo tre tipi principali di danno che possono manifestarsi come conseguenza di una fulminazione.

Essi sono i seguenti:

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

#### 4.1.3 Tipi di perdita

Ciascun tipo di danno, solo o in combinazione con altri, può produrre diverse perdite conseguenti nell'oggetto da proteggere. Il tipo di perdita che può verificarsi dipende dalle caratteristiche dell'oggetto stesso ed al suo contenuto.

Le perdite che possono verificarsi in una struttura sono:

- L1: perdita di vite umane;
- L2: perdita di servizio pubblico;
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- L4: perdita economica (struttura e suo contenuto).

Le perdite che possono verificarsi in un servizio sono:

- L'2: perdita di servizio pubblico;
- L'4: perdita economica (servizio e perdita di attività).

	<b>FV02_ORBETELLO</b> <b>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN<sub>DC</sub> 19.75 MW</b> Strada vicinale del Guinzone, snc – 58015 - ORBETELLO (GR)	DOCUMENTO: <b>FV02_PD.RE.08.EL.IT.01</b>	
		DATA: <b>26/09/2023</b>	
		REV.: <b>01</b>	PAG.: <b>4/12</b>

## 4.2 RISCHIO E COMPONENTI DI RISCHIO

### 4.2.1 Tipi di rischio

Il rischio  $R$  è la misura della probabile perdita media annua. Per ciascun tipo di perdita che può verificarsi in una struttura o in servizio deve essere valutato il relativo rischio.

I rischi da valutare in una struttura possono essere:

- R1: rischio di perdita di vite umane;
- R2: rischio di perdita di servizio pubblico;
- R3: rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- R4: rischio di perdita economica

Essendo obbligatoria, viene calcolata la componente R1 relativa al rischio di perdita di vite umane.

Tuttavia, non sarà presa in considerazione la perdita di patrimonio culturale insostituibile e la perdita di servizio pubblico essenziale perché la struttura non rientra in questi casi.

La seconda parte della presente relazione sarà dedicata al Rischio R1 per tensioni di contatto e di passo nelle aree esterne fino a 3 m di distanza dalla struttura (o dalle calate di eventuali impianti di captazione) causate dalla dispersione della corrente del fulmine nel terreno per fulminazione diretta sulla struttura stessa (Cabine elettriche). Una terza parte della presente relazione sarà dedicata alla valutazione delle perdite economiche per il rischio R4.

I rischi da valutare quindi, per un impianto di questo tipo possono essere:

- R'1: rischio di perdita di vite umane;
- R'4: rischio di perdita economica

Per valutare i rischi  $R$ , devono essere definiti e calcolati le relative componenti di rischio (rischi parziali dipendenti dalla sorgente e dal tipo di danno).

Come precedentemente accennato, in questa relazione ci occuperemo dunque dei rischi  $R_1$  ed  $R_4$ . Per questi due esamineremo ora solo le componenti ad essi relative che derivano dalle caratteristiche delle varie strutture e loro destinazioni d'uso.

#### 4.2.2 Componenti di rischio

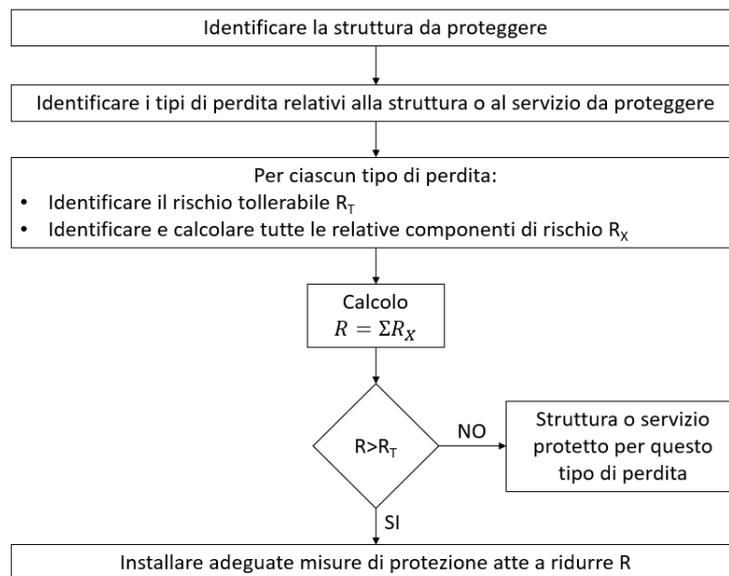
Sorgente	S1			S2	S3			S4
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
Comp. di rischio	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
R <sub>1</sub>	SI	SI	SI <sup>(1)</sup>	SI <sup>(1)</sup>	SI	SI	SI <sup>(1)</sup>	SI <sup>(1)</sup>
R <sub>2</sub>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R <sub>3</sub>	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R <sub>4</sub>	SI <sup>(2)</sup>	SI	SI	SI	SI <sup>(2)</sup>	SI	SI	SI

(1) 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

(2) Soltanto in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

Per ciascun rischio devono essere effettuati i seguenti passi (vedi anche figura successiva):

- identificazione delle componenti R<sub>x</sub> che contribuiscono al rischio;
- calcolo della componente di rischio identificata R<sub>x</sub>;
- calcolo del rischio totale R;
- identificazione del rischio tollerabile R<sub>T</sub>;
- confronto del rischio R con quello tollerabile R<sub>T</sub>.



	<b>FV02_ORBETELLO</b> <b>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO PN<sub>DC</sub> 19.75 MW</b> Strada vicinale del Guinzone, snc – 58015 - ORBETELLO (GR)	DOCUMENTO: <b>FV02_PD.RE.08.EL.IT.01</b>	
		DATA: <b>26/09/2023</b>	
		REV.: <b>01</b>	PAG.: <b>6/12</b>

Se  $R_X \leq R_T$  la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se  $R_X > R_T$  devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere  $R_X \leq R_T$  per tutti i rischi a cui è interessata la struttura.

Per il rischio  $R_4$ , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio  $R_4$ , deve essere effettuata la valutazione della convenienza economica della protezione effettuando il confronto tra il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

Le componenti da considerare per i due tipi di rischio sono nel nostro caso:

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

$$R_4 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

In cui le componenti  $R_A$ ,  $R_B$  ed  $R_C$  sono relative alla fulminazione diretta della struttura,

$R_M$ , è relativa alla fulminazione in prossimità della struttura

$R_U$ ,  $R_V$ , ed  $R_W$  sono relative alla fulminazione diretta di un servizio connesso alla struttura

$R_Z$  è relativa alla fulminazione in prossimità di un servizio connesso alla struttura.

**DOVE:**

- **A** indica la componente di rischio relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno della struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1.
- **B** Indica la componente di rischio 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. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita (L1, L2, nel nostro caso).
- **C** Indica la componente di rischio relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.
- **M** Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.
- **U** indica la componente di rischio relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1.
- **V** indica la componente di rischio 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 il servizio entrante. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita (L1, L2 nel nostro caso)
- **W** indica la componente di rischio relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.
- **Z** è connessa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. Nel nostro caso possono verificarsi solo perdite di tipo L2.

**ERMES S.p.A.**

Sede: Piazza Albania, 10 – 00153 Roma, Italia  
 C.F. | P. IVA: IT 12730811002  
 Iscr. R.E.A. RM – 1396086 Cap. Soc. € 1.500.000,00 i.v.

info@ermesgroup.it  
 www.ermesgroup.it  
 Tel. +39 06 94838941

Certificazioni:  
 ISO 9001:2015 CERT. N. SC 20-4612  
 UNI EN ISO 14001:2015 CERT.N.711294



## 5. DATI INIZIALI

### 5.1 DENSITÀ ANNUA DEI FULMINI A TERRA

La CEI fornisce per la posizione indicata dalle coordinate geografiche del Campo fotovoltaico in oggetto il seguente risultato:

$$N_g = 1,82 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$



## CEI - Comitato Elettrotecnico

Milano, 06/07/2023 10:37:34

**Valore Ng: 1.82**

VALIDITA' DEI DATI: fino al 31/12/2027

### Informazioni sulla posizione

Latitudine:	42.501997° N
Longitudine:	11.241106° E
Comune:	Orbetello
Codice Istat:	053018
Provincia:	GR
Regione:	Toscana

Figura 1: Valore Ng

### 5.2 VALORI CHE SARANNO ASSUNTI PER L'ELABORAZIONE DEI CALCOLI

- Resistività del terreno. Poiché tutta l'area giace su terreno agricolo, assumeremo pari a 400 Ohm\*m la resistività generale simile a quella del terreno vegetale secco.
- Nel considerare le aree esterne alle strutture entro i 3 m, considereremo come equipotenziale tutta la zona circostante tutto il campo si può considerare percorso da una fitta rete di terra magliata (pali di sostegno dei tracker infissi profondamente nel terreno, collegati tutti all'impianto di terra di cabina) e connessa intimamente con il terreno e con il resto degli impianti.

- c. Le linee elettriche di energia e di segnale, esterne agli edifici, viaggiano in condutture interrato. L'ambito di posa delle linee sarà assimilato ad ambito rurale.
- d. Tutte le masse metalliche sono collegate rigorosamente in equipotenzialità.
- e. Le linee di segnale viaggiano in cavo schermato collegato a terra.
- f. Le cabine elettriche, e tutto l'impianto non è presidiato da personale presente in loco. La presenza di personale si può stimare in una decina di ore annue per 3 o 4 persone in occasione di controlli tecnici.

## 6. ANALISI DELLA STRUTTURA DELL'IMPIANTO

### 6.1 DESCRIZIONE STRUTTURA - (STRUTTURE ED IMPIANTI PRINCIPALI)

L'intero Campo è costituito da:

- 1102 tracker monoassiali 1x28 e 64 tracker in configurazione 1x14 (Fig. 1.)
- 58 inverter
- 6 Locale Utenti per la trasformazione BT/MT
- Recinzione in rete metallica che percorre tutto il perimetro esterno e avente una altezza di circa 2,50 m.
- Cannello metallico che si può considerare un prolungamento della recinzione.

#### Gli impianti energia

Gli impianti di energia sono distribuiti su tutto il campo:

Impianto di energia in tensione continua (Tensione massima 1500 V) che percorre tutti i tracker fino agli inverter.

Impianto di energia in tensione continua BT (50 Hz 1500 V) che viaggia in tubazione interrata dagli inverter al locale utente.

Impianto in Media Tensione (50 Hz 15.000 V) in arrivo dal locale utente fino alla Cabina di Distribuzione con cavi in tubazione interrata.

#### Gli Impianti trasmissione dati

Linee di trasmissione dati, parte in rame e/o fibra ottica e parte wireless, percorrono tutto in campo per il comando e controllo dei Tracker.

Non vi sono linee telefoniche/dati che entrano dall'esterno.

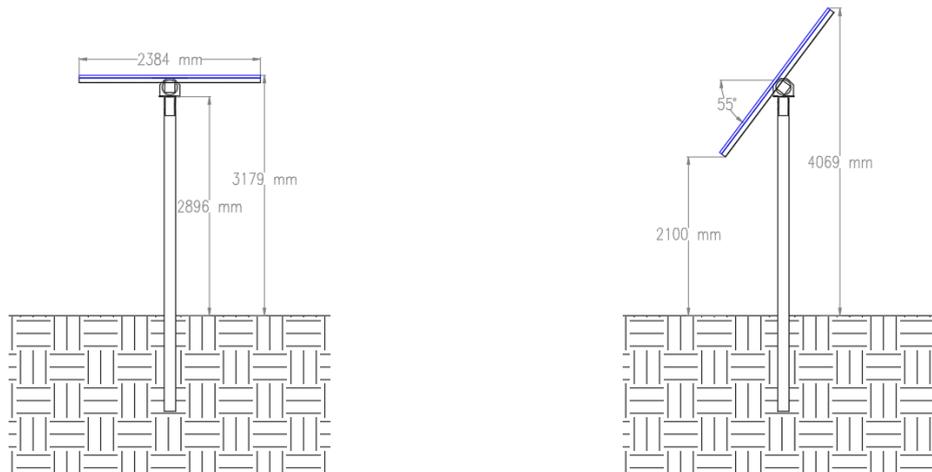
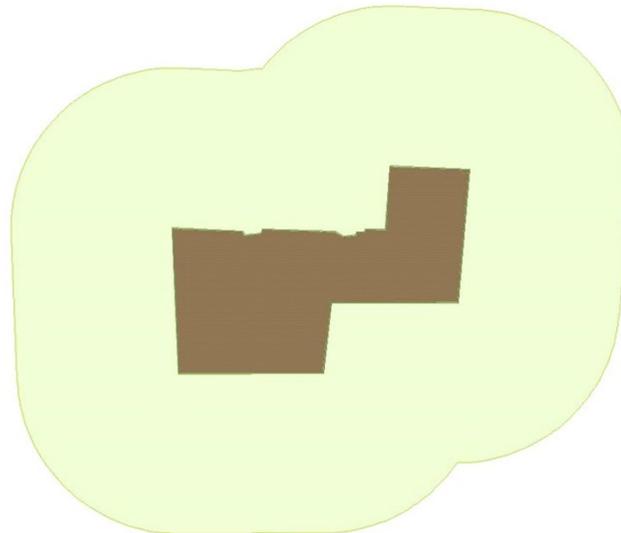


Figura 2 - Sezione di tracker monoassiale



- Struttura
- Area di raccolta A<sub>0</sub>
- Area di raccolta A<sub>m</sub>

Figura 3 – area di raccolta

## 6.2 LOCALIZZAZIONE DELLA STRUTTURA IN ESAME

### 6.2.1 Panoramica del sito

Di seguito è mostrata una vista aerea panoramica del sito su ortofoto.

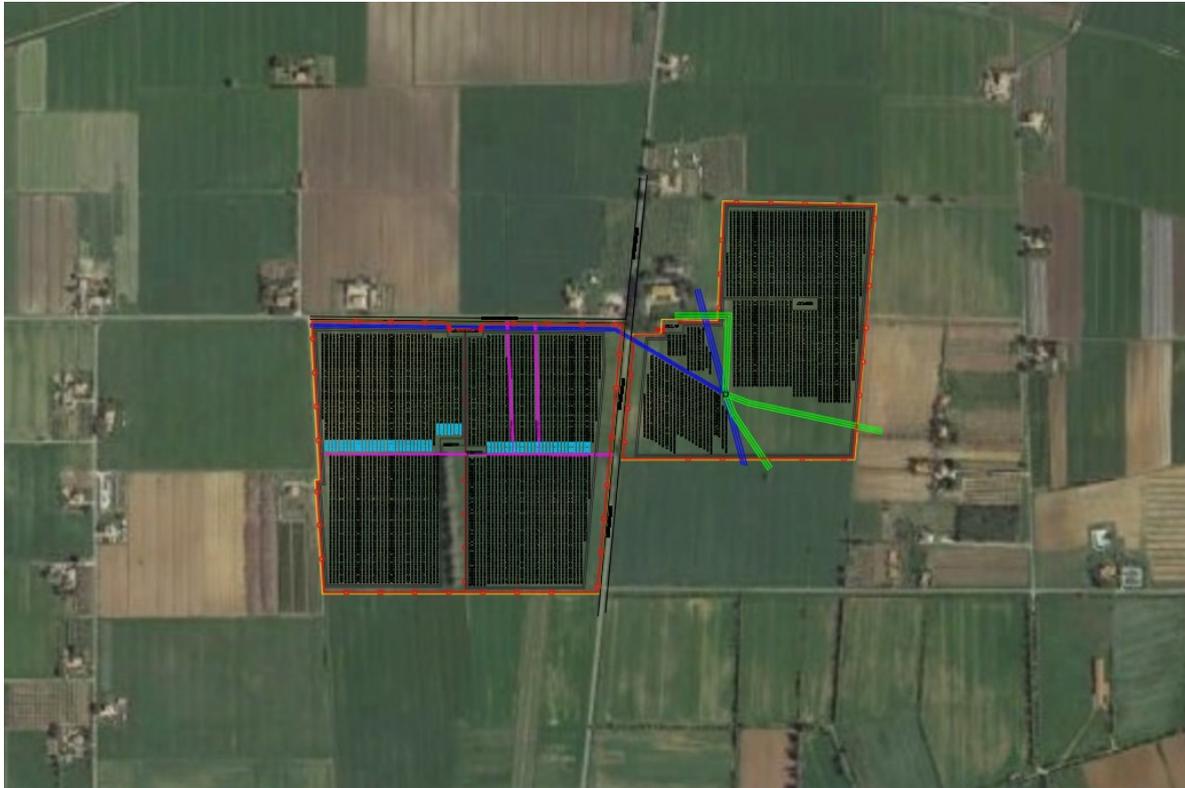


Figura 4 - Vista aerea panoramica del sito



Il Tecnico

**ERMES S.p.A.**

Sede: Piazza Albania, 10 – 00153 Roma, Italia  
C.F. | P. IVA: IT 12730811002  
Iscr. R.E.A. RM – 1396086 Cap. Soc. € 1.500.000,00 i.v.

info@ermesgroup.it  
www.ermesgroup.it  
Tel. +39 06 94838941

Certificazioni:  
ISO 9001:2015 CERT. N. SC 20-4612  
UNI EN ISO 14001:2015 CERT. N. 711294





---

# RELAZIONE TECNICA

---

relativa alla

## PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

di struttura adibita a Impianto Fotovoltaico.

sita nel comune di Orbetello (GR)

Strada Vicinale del Guinzone, snc.

Valutazione del rischio dovuto al fulmine

e

scelta delle misure di protezione

## 7. ALLEGATO A

**ERMES** S.p.A.

# ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE

## Normativa di riferimento

Gli impianti sono realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti e, in particolare, dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Per i calcoli e la valutazione del rischio si è fatto riferimento alla norma CEI EN 62305-2 "Protezione contro il fulmine - Parte 2: Valutazione del rischio".

Per ulteriori aggiornamenti e il calcolo della frequenza di danno si è fatto riferimento alla guida CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305".

## Definizioni

Fulmine su una struttura

Fulmine che colpisce una struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una struttura

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una struttura da proteggere da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Fulmine su una linea

Fulmine che colpisce una linea connessa alla struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una linea

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una linea connessa alla struttura da proteggere, da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Danni ad esseri viventi

Danni, inclusa la perdita della vita, causati ad uomini o animali per elettrocuzione provocata da tensioni di contatto e di passo generate dal fulmine.

LEMP

Impulso elettromagnetico del fulmine, tutti gli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine che possono generare impulsi e campi elettromagnetici mediante accoppiamento resistivo, induttivo e capacitivo

LPL

Livello di protezione, numero, associato ad un gruppo di valori dei parametri della corrente di fulmine, relativo alla probabilità che i correlati valori massimo e minimo di progetto non siano superati in natura.

Misure di protezione

Misure da adottare nella struttura da proteggere per ridurre il rischio.

LP

Protezione contro il fulmine, sistema completo usato per la protezione contro il fulmine delle strutture, dei loro impianti interni, del loro contenuto e delle persone, costituito in generale da un LPS e dalle SPM.

Z<sub>s</sub>

Zona di una struttura, parte di una struttura con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un gruppo unico di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

S<sub>L</sub>

sezione di una linea, parte di una linea con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un unico gruppo di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

LPS

Sistema di protezione contro il fulmine, impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura.

SPM

Misure di protezione contro il LEMP, misure usate per la protezione degli impianti interni contro gli effetti del LEMP.

## SPD

Limitatore di sovratensione, dispositivo che limita le sovratensioni e scarica le correnti impulsive; contiene almeno un componente non lineare.

### Sistema di SPD

Gruppo di SPD adeguatamente scelto, coordinato ed installato per ridurre i guasti degli impianti elettrici ed elettronici.

## Simboli e abbreviazioni

$A_D$	Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.
$A_{DJ}$	Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.
$A_l$	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.
$A_L$	Area di raccolta dei fulmini su una linea.
$A_M$	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.
$B$	Struttura.
$C_D$	Coefficiente di posizione.
$C_{DJ}$	Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.
$C_E$	Coefficiente ambientale.
$C_l$	Coefficiente di installazione di una linea.
$C_L$	Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione.
$C_{LD}$	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.
$C_{LI}$	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa.
$C_T$	Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea.
$D_1$	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
$D_2$	Danno materiale.
$D_3$	Guasto di impianti elettrici ed elettronici.
$K_{S1}$	<b>Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.</b>
$K_{S2}$	<b>Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.</b>
$K_{S3}$	Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.
$K_{S4}$	Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno.
$L_F$	Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura.
$L_O$	Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura.
$L_T$	Tipica percentuale di perdita per danni ad esseri viventi per elettrocuzione.
$L_1$	Perdita di vite umane.
$L_2$	Perdita di servizio pubblico.
$L_3$	Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
$L_4$	Perdita economica.
$N_G$	Densità di fulmini al suolo.
$n_z$	Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti).
$n_t$	Numero totale di persone (o utenti serviti).
$P$	Probabilità di danno.
$P_A$	Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione (fulminazione sulla struttura).
$P_B$	Probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura).
$P_C$	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla struttura).
$P_M$	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura).
$P_U$	Probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla linea connessa).
$P_V$	Probabilità di danno materiale nella struttura (fulm. sulla linea connessa).
$P_W$	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla linea connessa).
$P_X$	Probabilità di danno nella struttura.
$P_Z$	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulm. in prossimità della linea connessa).
$P_{EB}$	Probabilità che riduce $P_U$ e $P_V$ dipendente dalle caratteristiche della linea e dalla tensione

	di tenuta degli apparati in presenza di EB (equipotenzializzazione al fulmine).
$P_{SPD}$	Probabilità che riduce $P_c$ , $P_M$ , $P_w$ e $P_z$ , quando sia installato un sistema di SPD.
$P_{TA}$	Probabilità che riduce $P^A$ dipendente dalle misure di protezione contro le tensioni di contatto e di passo.
$r_t$	Coefficiente di riduzione associato al tipo di superficie.
$r_f$	Coefficiente di riduzione delle perdite dipendente dal rischio di incendio.
$r_p$	Coefficiente di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio.
$R_T$	Rischio tollerabile, valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere.
$R_A$	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla struttura).
$R_B$	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla struttura).
$R_C$	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. sulla struttura).
$R_M$	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità della struttura).
$R_U$	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla linea connessa).
$R_V$	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla linea connessa).
$R_W$	Componente di rischio (danno agli impianti – fulm. sulla linea connessa).
$R_z$	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità di una linea).
$R_1$	Rischio di perdita di vite umane nella struttura.
$R_2$	Rischio di perdita di un servizio pubblico in una struttura.
$R_3$	Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura.
$R_4$	Rischio di perdita economica in una struttura.
$S$	Struttura.
$S_1$	Sorgente di danno (fulm. sulla struttura).
$S_2$	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della struttura).
$S_3$	Sorgente di danno (fulm. sulla linea).
$S_4$	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della linea).
$t_z$	Tempo di permanenza delle persone in un luogo pericoloso (ore/anno).
$W_m$	Lato di maglia.

## Valutazione del rischio fulminazione

La normativa CEI EN 62305-2 specifica una procedura per la valutazione del rischio dovuto a fulminazione e individua le misure di protezione, se necessarie, da realizzare per ridurre il rischio a valori non superiori a quello ritenuto tollerabile dalla norma.

### Sorgente di rischio, S

La corrente di fulmine è la principale sorgente di danno. Le sorgenti sono distinte in base al punto d'impatto del fulmine.

- S1 Fulmine sulla struttura.
- S2 Fulmine in prossimità della struttura.
- S3 Fulmine su una linea.
- S4 Fulmine in prossimità di una linea.

### Tipo di danno, D

Un fulmine può causare danni in funzione delle caratteristiche della struttura da proteggere. Nelle pratiche applicazioni della determinazione del rischio è utile distinguere tra i tre tipi principali di danno che possono manifestarsi come conseguenza di una fulminazione. I tipi di danno si distinguono in:

- D1 Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
- D2 Danno materiale.
- D3 Guasto di impianti elettrici ed elettronici.

### Tipo di perdita, L

Ciascun tipo di danno, solo o in combinazione con altri, può produrre diverse perdite nella struttura da proteggere. Il tipo di perdita che ne consegue dipende dalle caratteristiche della struttura stessa e dal suo contenuto. I tipi di perdita sono:

- L1 Perdita di vite umane (compreso danno permanente).
- L2 Perdita di servizio pubblico.
- L3 Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- L4 Perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

#### Rischio, R

Il rischio R è la misura della probabile perdita media annua. Per ciascun tipo di perdita che può verificarsi in una struttura può essere valutato il relativo rischio.

- R<sub>1</sub> Rischio di perdita di vite umane (inclusi danni permanenti).
- R<sub>2</sub> Rischio di perdita di servizio pubblico.
- R<sub>3</sub> Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- R<sub>4</sub> Rischio di perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

#### Rischio tollerabile, R<sub>T</sub>

La definizione dei valori di rischio tollerabili R<sub>T</sub> riguardanti le perdite di valore sociale sono stabilite dalla norma CEI EN 62305-2 e di seguito riportati.

- Rischio tollerabile per perdita di vite umane o danni permanenti (R<sub>T</sub> = 10<sup>-5</sup> anni<sup>-1</sup>).
- Rischio tollerabile per perdita di servizio pubblico (R<sub>T</sub> = 10<sup>-3</sup> anni<sup>-1</sup>).
- Rischio tollerabile per perdita di patrimonio culturale insostituibile (R<sub>T</sub> = 10<sup>-4</sup> anni<sup>-1</sup>).

#### Metodo di valutazione

---

Ai fini della valutazione del rischio (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>) si deve provvedere a:

- determinare le componenti 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> e R<sub>Z</sub> che lo compongono;
- determinare il corrispondente valore del rischio R<sub>x</sub>;
- confrontare il rischio R<sub>x</sub> con quello tollerabile R<sub>T</sub> (tranne per R<sub>4</sub>).

La tabella seguente riporta tutti gli elementi da valutare:

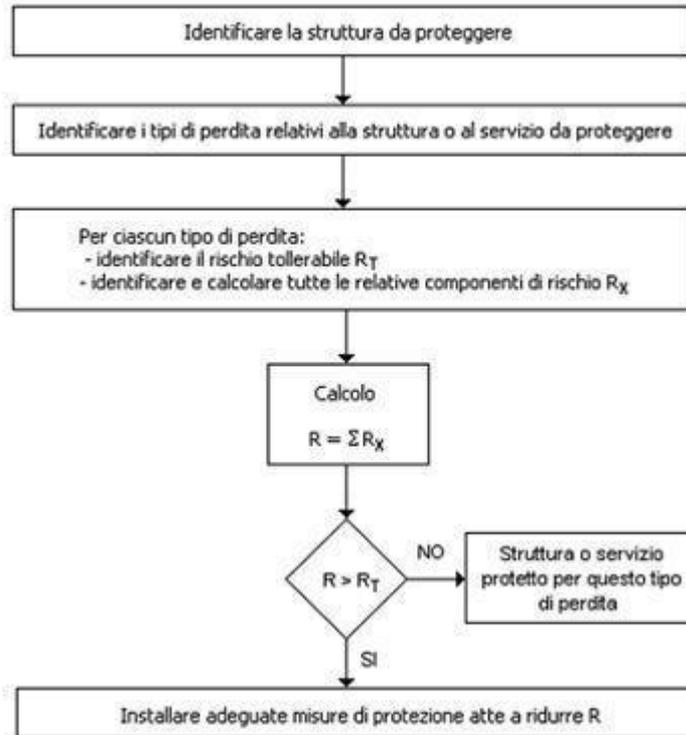
Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
R <sub>1</sub>	SI	SI	SI <sup>(1)</sup>	SI <sup>(1)</sup>	SI	SI	SI <sup>(1)</sup>	SI <sup>(1)</sup>
R <sub>2</sub>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R <sub>3</sub>	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R <sub>4</sub>	SI <sup>(2)</sup>	SI	SI	SI	SI <sup>(2)</sup>	SI	SI	SI

(1) 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  
(2) Soltanto in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

Per ciascun rischio devono essere effettuati i seguenti passi (vedi anche figura successiva):

- identificazione delle componenti  $R_x$  che contribuiscono al rischio;
- calcolo della componente di rischio identificata  $R_x$ ;
- calcolo del rischio totale  $R$ ;
- identificazione del rischio tollerabile  $R_T$ ;
- confronto del rischio  $R$  con quello tollerabile  $R_T$ .



Se  $R_x \leq R_T$  la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se  $R_x > R_T$  devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere  $R_x \leq R_T$  per tutti i rischi a cui è interessata la struttura.

Per il rischio  $R_4$ , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio  $R_4$ , deve essere effettuata la valutazione della convenienza economica della protezione effettuando il confronto tra il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

### Componenti di rischio

---

Le componenti di rischio sono raggruppate secondo la sorgente di danno ed il tipo di danno, come si evince dalla precedente tabella.

Ciascuna delle componenti di rischio può essere calcolata mediante la seguente equazione generale:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

dove

$N_x$  è il numero di eventi pericolosi [Allegato A, CEI EN 62305-2].

$P_x$  è la probabilità di danno alla struttura [Allegato B, CEI EN 62305-2].

$L_x$  è la perdita conseguente [Allegato C, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura),  $R_A$   
Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno della struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

dove:

- $R_A$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura);
- $N_D$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_A$  Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sulla struttura) [§ B.2, CEI EN 62305-2].
- $L_A$  Perdita per danno ad esseri viventi [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura),  $R_B$   
Componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono essere pericolose per l'ambiente. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

dove:

- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- $N_D$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_B$  Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.3, CEI EN 62305-2].
- $L_B$  Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura),  $R_C$   
Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

dove:

- $R_C$  Componente di rischio (guasto di apparati del servizio - fulmine sulla struttura);
- $N_D$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_C$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B.43, CEI EN 62305-2].
- $L_C$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura),  $R_M$

Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con

rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M$$

dove:

- $R_M$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura);
- $N_M$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità della struttura) [§ A.3, CEI EN 62305-2];
- $P_M$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.5, CEI EN 62305-2];
- $L_M$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso),  $R_U$   
Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

dove:

- $R_U$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio);
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $N_{DJ}$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2 della CEI EN 62305-2].
- $P_U$  Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sul servizio connesso) [§ B.6, CEI EN 62305-2].
- $L_U$  Perdita per danni ad esseri viventi (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso),  $R_V$

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 il servizio entrante. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

dove:

- $R_V$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $N_{Da}$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_V$  Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.7, CEI EN 62305-2].
- $L_V$  Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso),  $R_W$   
Componente relativa al guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di

strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_w = (N_L + N_{Da}) \times P_w \times L_w$$

dove:

- $R_w$  Componente di rischio (danno agli apparati - fulmine sul servizio connesso).
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $N_{Da}$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_w$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio connesso) [§ B.8, CEI EN 62305-2].
- $L_w$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso),  $R_z$

Componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_z = N_i \times P_z \times L_z$$

dove:

- $R_z$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità del servizio).
- $N_i$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $P_z$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ B.9, CEI EN 62305-2].
- $L_z$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

### Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1)

Il rischio di perdita di vite umane è determinato come somma delle componenti di rischio precedentemente definite.

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(1)} + R_M^{(1)} + R_U + R_V + R_W^{(1)} + R_Z^{(1)}$$

(1) Nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.

dove:

- $R_A$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- $R_C$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- $R_M$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- $R_U$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- $R_V$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- $R_W$  Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- $R_Z$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

### Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)

Il rischio di perdita di servizio pubblico è determinato dalla formula:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

dove:

- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- $R_C$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- $R_M$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- $R_V$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- $R_W$  Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- $R_Z$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

### Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)

Il rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile è dato dalla formula:

$$R_3 = R_B + R_V$$

dove:

- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura)
- $R_V$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso)

### Determinazione del rischio di perdita economica (R4)

Il rischio di perdita economica è determinato secondo la formula:

$$R_4 = R_A^{(1)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{(1)} + R_V + R_W + R_Z$$

(1) Solo in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

dove:

- $R_A$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- $R_C$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- $R_M$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- $R_U$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- $R_V$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- $R_W$  Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- $R_Z$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

### Esito della valutazione

Una volta noti i valori di rischio per la struttura bisogna verificare che essi siano inferiori ai rischi tollerabili.

#### Caso 1 - Struttura autoprotetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi  $R_T$  e non sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Autoprotetta".

#### Caso 2 - Struttura protetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi  $R_T$  e sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Protetta".

#### Caso 3 - Struttura NON protetta

Se almeno un rischio calcolato è superiore al rispettivo  $R_T$  devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere il rischio inferiore.

## Frequenza di danno

La frequenza di danno  $F$  è il numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad una apparecchiatura di un impianto interno e si valuta secondo la formula:

$$F = F_{S1} + F_{S3} + F_{S4}$$

se i circuiti sono collegati ad una linea esterna all'edificio,

oppure con la formula:

$$F = F_{S1} + F_{S2}$$

per i circuiti stand-alone o collegati ad una linea esterna all'edificio tramite una interfaccia isolante

dove:

- $F_{S1}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1).
- $F_{S2}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2).
- $F_{S3}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- $F_{S4}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

Di seguito le formule per il calcolo di queste frequenze parziali:

$$F_{S1} = N_D \times P_C$$

$$F_{S2} = N_M \times P_M$$

$$F_{S3} = (N_L \times N_{DJ}) \times P_W$$

$$F_{S4} = N_I \times P_Z$$

Il significato di tali coefficienti è riportato nei paragrafi precedenti.

La frequenza di danno tollerabile  $F_T$  è il massimo valore della frequenza di danno che può essere tollerato dagli impianti interni. Fissare i valori di  $F_T$  è responsabilità del proprietario o del gestore della struttura tenendo presente che tale valore, secondo la guida CEI 81-29, dovrebbe essere 0.1, e, in ogni caso, inferiore ad 1.

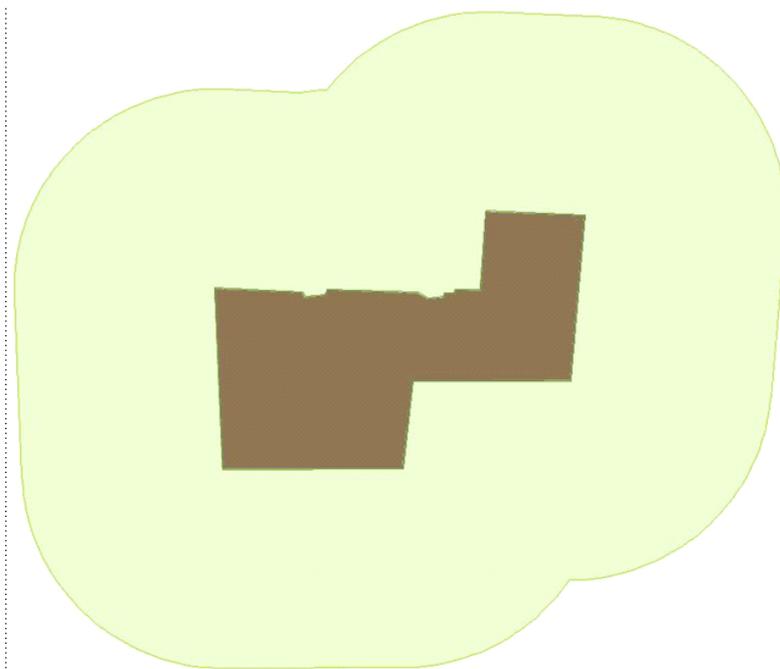
Se il valore di  $F$  risulta essere superiore al valore  $F_T$  stabilito, la frequenza di danno risulta essere non rispettata e, in tal caso, bisognerebbe agire migliorando le protezioni contro le sovratensioni al fine di fare rientrare il valore al di sotto di quello stabilito.

## STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA
Destinazione d'uso	PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA
Indirizzo	Strada vicinale del Guinzone, snc
Comune	Orbetello (GR)
Cap	58015
$N_G$	1.50 fulmini/anno km <sup>2</sup>
Fonte dati	ProDis

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [ $C_D = 1$ ]
Geometria della struttura	Calcolo aree da disegno:  Distanza struttura: 500 m (per il calcolo di $A_M$ )  Area raccolta della struttura isolata $A_D$ : 350 442.21 m <sup>2</sup> Area raccolta fulmini in prossimità della struttura $A_M$ : 2 558 703.71 m <sup>2</sup>
Schermatura	Assente $K_{S1} = 1$
LPS	Struttura non protetta con LPS [ $P_B = 1.00$ ]
N° persone totali nella struttura (L1)	$n_T = 4$
Valore complessivo della struttura (L4)	$C_t = \mathbf{10\ 124\ 000.00\ €}$

## DISEGNO DELLA STRUTTURA



- Struttura
- Area di raccolta  $A_D$
- Area di raccolta  $A_M$

## ZONE

Nella struttura sono presenti 3 zone.  
I dettagli di ogni zona sono riportati nei seguenti paragrafi.

### Zona Z1 - "Impianto moduli"

Dati generali	
Denominazione	Impianto moduli
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	<b>Agricolo (<math>R \leq 1k\Omega</math>) [<math>rt = 10^{-2}</math>]</b>
Pericoli particolari	Nessuno [ $hz = 1$ ]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Assente
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Nessuna protezione [ $rp = 1$ ]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti ( $n_z$ )	2
Ore presenza/anno ( $t_z$ )	64
$L_T$	$10^{-2}$
$L_F$	$10^{-7}$
Perdita economica (L4)	
Valore animali	<b>€ 0.00</b>
Valore edificio	<b>€ 4 750 000.00</b>
Valore contenuto zona	<b>€ 3 800 000.00</b>
Valore impianti interni zona	<b>€ 475 000.00</b>
$L_T$	$10^{-3}$
$L_F$	$10^{-3}$
$L_o$	1

## Zona Z2 - "Cabine elettriche"

Dati generali	
Denominazione	Cabine elettriche
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	<b>Cemento (<math>R \leq 1k\Omega</math>) [<math>rt = 10^{-2}</math>]</b>
Pericoli particolari	Nessuno [ $hz = 1$ ]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Assente
Schermatura	Magliata Lato di magliatura: 0.1 m Presenti impianti interni a distanza inferiore al lato di magliatura $K_{S2} = 2.40 \times 10^{-2}$
Misure antincendio	Nessuna protezione [ $rp = 1$ ]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti ( $n_z$ )	2
Ore presenza/anno ( $t_z$ )	32
$L_T$	$10^{-2}$
$L_F$	$10^{-7}$
Perdita economica (L4)	
Valore animali	<b>€ 0.00</b>
Valore edificio	<b>€ 360 000.00</b>
Valore contenuto zona	<b>€ 450 000.00</b>
Valore impianti interni zona	<b>€ 270 000.00</b>
$L_T$	$10^{-3}$
$L_F$	$10^{-3}$
$L_o$	1

## Zona Z3 - "Perimetrale"

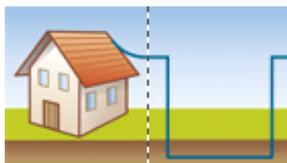
Dati generali	
Denominazione	Perimetrale
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	<b>Agricolo (<math>R \leq 1k\Omega</math>) [<math>rt = 10^{-2}</math>]</b>
Pericoli particolari	Nessuno [ $hz = 1$ ]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Assente
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Nessuna protezione [ $rp = 1$ ]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti ( $n_z$ )	0
Ore presenza/anno ( $t_z$ )	0
$L_T$	$10^{-2}$
$L_F$	$10^{-7}$
Perdita economica (L4)	
Valore animali	<b>€ 0.00</b>
Valore edificio	<b>€ 5 000.00</b>
Valore contenuto zona	<b>€ 7 000.00</b>
Valore impianti interni zona	<b>€ 7 000.00</b>
$L_T$	$10^{-3}$
$L_F$	$10^{-3}$
$L_o$	0.10

## LINEE

Alla struttura è collegata una linea di seguito descritta.

### Linea L1 - "Linea 1"



Dati generali	
Denominazione	Linea 1
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [ $C_e = 1.00$ ]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Multiselezione [ $PTU = 1.00e-03$ ]
SPD su linea entrante	Sistema SPD assente [ $PEB = 1.00$ ]
Trasformatore AT/BT	Assente [ $C_T = 1$ ]

### Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Tratto 1
Lunghezza	1 000 m
Schermatura cavi	Presente [ $R_s = 0.2 \Omega/m$ ], <b>connesso alla barra equipotenziale</b>
Dispersore fittamente magliato	No

## IMPIANTI

Nella struttura sono presenti 4 impianti interni.  
I dettagli di ogni impianto sono riportati nei seguenti paragrafi.

### Impianto I1 - "Moduli FV"

Dati generali	
Denominazione	Moduli FV
Linea collegata all'impianto	nessuna
Zone servite dall'impianto	Impianto moduli
Tensione di tenuta	2500
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

## Impianto I2 - "Illuminazione esterna"

Dati generali	
Denominazione	Illuminazione esterna
Linea collegata all'impianto	nessuna
Zone servite dall'impianto	Perimetrale
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema SPD assente [PSPD = 1.00]

## Impianto I3 - "Cabina MT"

Dati generali	
Denominazione	Cabina MT
Linea collegata all'impianto	Linea 1
Zone servite dall'impianto	Cabine elettriche
Tensione di tenuta	6000
Cavi impianto schermati	Sì
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	Sì
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema SPD assente [PSPD = 1.00]

## Impianto I4 - "Cabina BT"

Dati generali	
Denominazione	Cabina BT
Linea collegata all'impianto	nessuna
Zone servite dall'impianto	Cabine elettriche
Tensione di tenuta	2500
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema SPD assente [PSPD = 1.00]

## ESITO DELLA VALUTAZIONE

### Perdite considerate e rischi tollerabili

Per la valutazione dei rischi sono state considerate le seguenti perdite:

L1 - Perdita di vite umane o danni permanenti

(Rischio tollerabile  $R_T = 10^{-5}$ )

L4 - Perdita economica

### Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1

Numero annuo atteso di eventi pericolosi,  $N_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	$N_D$			$N_M$	$N_L + N_{DJ}$			$N_I$
Struttura	0.53			3.84	-			-
Eventi	$N_D$			$N_M$	$N_L + N_{DJ}$			$N_I$
L1	-			-	$3 \times 10^{-2}$			3

Valori di probabilità di perdita di vite umane,  $P_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$P_M$	$P_U$	$P_V$	$P_W$	$P_Z$
Z1	1	1	0	$4.80 \times 10^{-7}$	0	0	0	0
- I1	-	-	0	$4.80 \times 10^{-7}$	-	-	-	-
Z2	1	1	1	$9.22 \times 10^{-9}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	0
- I3	-	-	1	$1.60 \times 10^{-13}$	-	-	-	-
- I4	-	-	0	$9.22 \times 10^{-9}$	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	0
Z3	1	1	0	$10^{-4}$	0	0	0	0
- I2	-	-	0	$10^{-4}$	-	-	-	-

Ammontare delle perdite di vite umane,  $L_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	LA	LB	Lc	LM	Lu	Lv	Lw	Lz
Z1	$3.65 \times 10^{-7}$	0	0	0	$3.65 \times 10^{-7}$	0	0	0
Z2	$1.83 \times 10^{-7}$	0	0	0	$1.83 \times 10^{-7}$	0	0	0
Z3	0	0	0	0	0	0	0	0

### Componenti di rischio di perdita di vite umane, $R_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	RA	RB	RC	RM	RU	RV	Rw	Rz
Z1	$1.92 \times 10^{-7}$	0			0	0		
Z2	$9.60 \times 10^{-8}$	0			$1.10 \times 10^{-13}$	0		
Z3	0	0			0	0		
Totale	$2.88 \times 10^{-7}$	0			$1.10 \times 10^{-13}$	0		

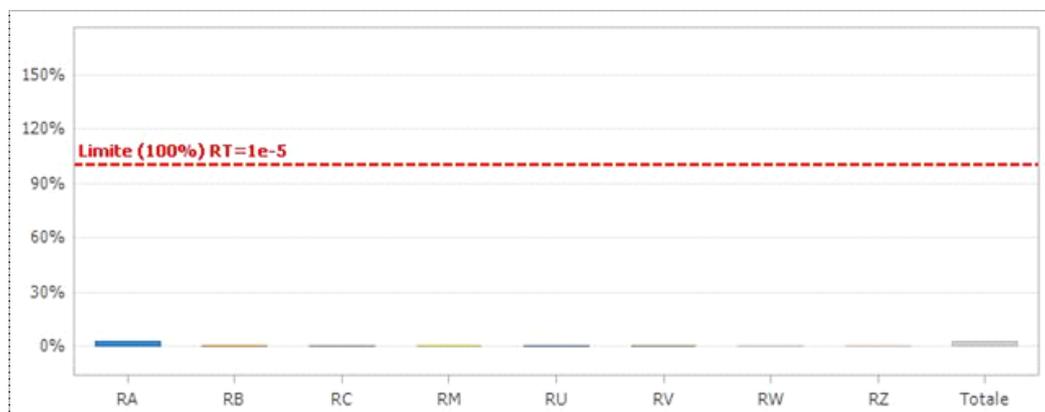
Rischio di perdita di vita umana,  $R_{1,Struttura}$

( $R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura}$ )

$2.88 \times 10^{-7}$

Il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato  $R_T$ .

### Grafico delle componenti di rischio





## Valutazione del rischio di perdita economica R4

Numero annuo atteso di eventi pericolosi,  $N_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	$N_b$			$N_M$	$N_L + N_{Dj}$			$N_i$
Struttura	0.53			3.84	-			-
Eventi	$N_D$			$N_M$	$N_L + N_{Dj}$			$N_i$
L1	-			-	$3 \times 10^{-2}$			3

Valori di probabilità di perdita economica,  $P_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$P_M$	$P_U$	$P_V$	$P_W$	$P_Z$
Z1	1	1	0	$4.80 \times 10^{-7}$	0	0	0	0
- I1	-	-	0	$4.80 \times 10^{-7}$	-	-	-	-
Z2	1	1	1	$9.22 \times 10^{-9}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	0
- I3	-	-	1	$1.60 \times 10^{-13}$	-	-	-	-
- I4	-	-	0	$9.22 \times 10^{-9}$	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	0
Z3	1	1	0	$10^{-4}$	0	0	0	0
- I2	-	-	0	$10^{-4}$	-	-	-	-

Ammontare delle perdite economica,  $L_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	$L_A$	$L_B$	$L_C$	$L_M$	$L_U$	$L_V$	$L_W$	$L_Z$
Z1	0	0	$4.69 \times 10^{-2}$	$4.69 \times 10^{-2}$	0	0	$4.69 \times 10^{-2}$	$4.69 \times 10^{-2}$

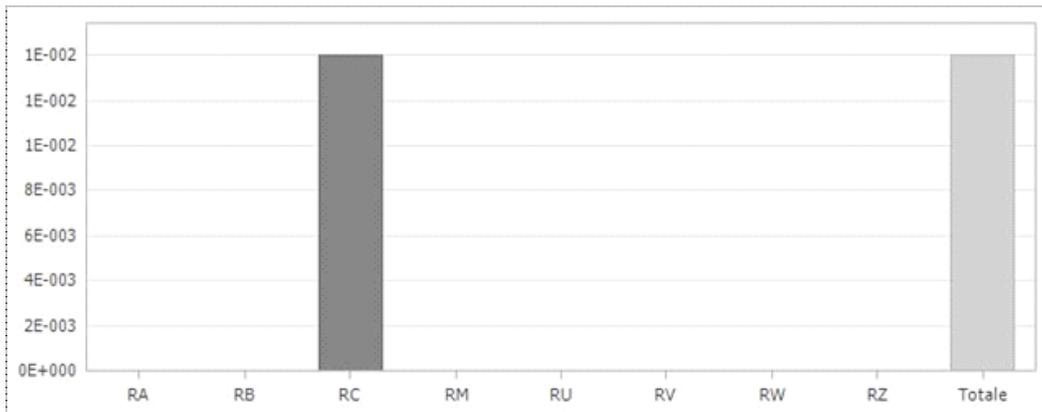
Z2	0	0	$2.67 \times 10^{-2}$	$2.67 \times 10^{-2}$	0	0	$2.67 \times 10^{-2}$	$2.67 \times 10^{-2}$
Z3	0	0	$6.91 \times 10^{-5}$	$6.91 \times 10^{-5}$	0	0	$6.91 \times 10^{-5}$	$6.91 \times 10^{-5}$

### Componenti di rischio di perdita economica, $R_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
Z1		0	0	$8.64 \times 10^{-8}$		0	0	0
Z2		0	$1.40 \times 10^{-2}$	$9.43 \times 10^{-10}$		0	$1.60 \times 10^{-5}$	0
Z3		0	0	$2.65 \times 10^{-8}$		0	0	0
Totale		0	$1.40 \times 10^{-2}$	$1.14 \times 10^{-7}$		0	$1.60 \times 10^{-5}$	0

<b>Rischio di perdita economica, <math>R_{4,Struttura}</math></b> $(R_{4,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$	$1.40 \times 10^{-2}$
--	-----------------------

### Grafico delle componenti di rischio



## CONCLUSIONI

Visti gli esiti delle verifiche effettuate, non è necessario realizzare alcun sistema di protezione contro i fulmini per la struttura in questione in quanto il rischio dovuto al fulmine è già al di sotto del limite tollerato.

Quindi la struttura è da considerarsi PROTETTA.

In forza della legge n° 186 del 01/03/1968 che individua nelle norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

Per il rischio di perdite economiche R4, la valutazione della convenienza dell'installazione di misure di protezione deve essere valutata caso per caso.

Nell'appendice E della norma CEI EN 62305-2 è riportata una apposita procedura di valutazione.

## FREQUENZA DI DANNO

La tabella seguente riporta il calcolo della frequenza di danno per ogni impianto della struttura corrente:

Impianto	Linea	F <sub>S1</sub>	F <sub>S2</sub>	F <sub>S3</sub>	F <sub>S4</sub>	F	F <sub>T</sub>
Moduli FV	nessuna	0	$1.84 \times 10^{-6}$	0	0	$1.84 \times 10^{-6}$	0.10
Illuminazione esterna	nessuna	0	$3.84 \times 10^{-4}$	0	0	$3.84 \times 10^{-4}$	0.10
Cabina MT	Linea 1	$4.91 \times 10^{-4}$	$6.14 \times 10^{-13}$	$6 \times 10^{-4}$	0	$1.09 \times 10^{-4}$	0.10
Cabina BT	nessuna	0	$3.54 \times 10^{-8}$	0	0	$3.54 \times 10^{-8}$	0.10

Legenda:

Impianto Denominazione dell'impianto.

Linea Denominazione della linea a cui è collegato l'impianto.

F<sub>S1</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1)

F<sub>S2</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2)

F<sub>S3</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)

F<sub>S4</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

F Frequenza di danno F: numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad **un'apparecchiatura di un impianto interno**

F<sub>T</sub> Frequenza di danno tollerabile

La frequenza di danno tollerabile risulta essere RISPETTATA.