

Regione
**EMILIA
ROMAGNA**

Provincia di
Ravenna

Progetto per la
realizzazione di un
impianto fotovoltaico,
denominato **"Fossatone"**,
con potenza nominale di
64.674,48 kW da realizzarsi
nei Comuni di **Massa
Lombarda, Lugo, Conselice**

Comune di
**Massa
Lombarda**

Comune di
Lugo

Comune di
Conselice

C-r05
CONNESSIONE

REV 01

**RELAZIONE DI
VALUTAZIONE CAMPI
Elettromagnetici**

data 03/04/2026

RICHIEDENTE

STM26 srl

Via Nenni 6E, Imola (BO)

COORDINAMENTO

STEMM
Sviluppo e Progettazione
www.stemm.solar

Via Nenni 6E, Imola (BO)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Progetto agronomico



**UNISG Università degli Studi di scienze
gastronomiche di Pollenzo (CN)**

Progetto elettrico

Rodolfo Ciani

ING. ELETTRICO Via Leonardo da Vinci, 7 - 47122 FORLÌ
Tel: 349 2669483 - Fax: 0543 404810

Progetto strutturale

Giovanni Cancian

ING. CIVILE Via Largo Trieste, 74/d - 30029 S.STINO DI LIVENZA
Tel: 338 4193110 studiocancian@virgilio.it

Verifica compatibilità idraulica

Marco Lasen

ING. CIVILE Via Delle Alte, 60 - 31044 MONTEBELLUNA
Tel: 3477288783 marco.lasen@gmail.com

Valutazione di Impatto ambientale



TERRA srl
Consulenza ambientale-Pianificazione-Ingegneria forestale
Galleria Progresso, 5 San Donà di Piave 30027 - VE
www.terrasrl.com info@terrasrl.com tel. 0421 332784

Valutazione paesaggistica



DOTT. AGR. ANNA LETIZIA MONTI
Agronomo del paesaggio
Viale Oriani 42/2 - 30020 BOLOGNA
studio@annaletiziamonti.it

Verifica preventiva interesse archeologico



DOTT. CHRISTIAN PELACCI
Archeologo

Coordinamento progettuale richiesta A.U.



DANIELE BECCARO
Architetto
Corso Milano, 94 - 35139 PADOVA
arch.danielebeccaro@gmail.com

PROFESSIONISTI

Dott. Ing. Agide Maria Borelli

Loc. Valle Benedetta n.23 - 14100 ASTI (AT)

P.IVA: 01219240056 - PEC: agidemaria.borelli@ingpec.eu



Proprietà riservata. È vietata la riproduzione totale e parziale e/o la comunicazione a terzi del presente elaborato e calcolo ad esso relativo che non siano espressamente autorizzate. In mancanza di rispetto gli interessati si riservano il diritto di procedere a termini di legge.

File: C-R05-Rischio.fulmin.SSU.pdf

INDICE

INDICE	2
ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE	3
Normativa di riferimento	3
Definizioni	3
Simboli e abbreviazioni	4
Valutazione del rischio fulminazione	5
Metodo di valutazione	6
Componenti di rischio	7
Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1)	10
Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)	10
Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)	10
Determinazione del rischio di perdita economica (R4)	11
Esito della valutazione	11
STRUTTURA	12
DISEGNO DELLA STRUTTURA	13
ZONE	14
Zona Z1 - "Sottostazione - Cabina Utente"	14
Zona Z2 - "Sottostazione - Area Esterna"	15
LINEE	16
Linea L1 - "Linea MT 30kV"	16
Linea L2 - "Linea AT 132kV"	17
Linea L3 - "Linea BT"	18
Linea L4 - "Fibra Ottica"	19
IMPIANTI	20
Impianto I1 - "Quadri MT"	20
Impianto I2 - "Interruttori AT"	21
Impianto I3 - "Ausiliari e Controllo"	22
Impianto I4 - "Controllo e misura"	23
ESITO DELLA VALUTAZIONE	24
Perdite considerate e rischi tollerabili	24
Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1	24
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	24
Valori di probabilità di perdita di vite umane, PX	24
Ammontare delle perdite di vite umane, LX	25
Componenti di rischio di perdita di vite umane, RX	25
Grafico delle componenti di rischio	25
Valutazione del rischio di perdita economica R4	26
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	26
Valori di probabilità di perdita economica, PX	26
Ammontare delle perdite economica, LX	26
Componenti di rischio di perdita economica, RX	27
Grafico delle componenti di rischio	27
CONCLUSIONI	28

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".

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_s

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_L

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}	Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.
K_{S2}	Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.
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, se necessario, individua le misure di protezione 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 dell'oggetto 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. Essi sono le seguenti:

- 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 conseguenti nell'oggetto da proteggere. Il tipo di perdita che può verificarsi dipende dalle caratteristiche dell'oggetto stesso ed al suo contenuto.

- 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.






- R₁ Rischio di perdita di vite umane (inclusi danni permanenti).
- R₂ Rischio di perdita di servizio pubblico.
- R₃ Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- R₄ Rischio di perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

Rischio tollerabile, R_T

La definizione dei valori di rischio tollerabili R_T 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_T = 10⁻⁵ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di servizio pubblico (R_T = 10⁻³ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di patrimonio culturale insostituibile (R_T = 10⁻⁴ anni⁻¹).

Per ogni tipologia di rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄), nella tabella seguente sono riportate le sue componenti:

Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
R ₁	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾
R ₂	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R ₃	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R ₄	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI	SI ⁽²⁾	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

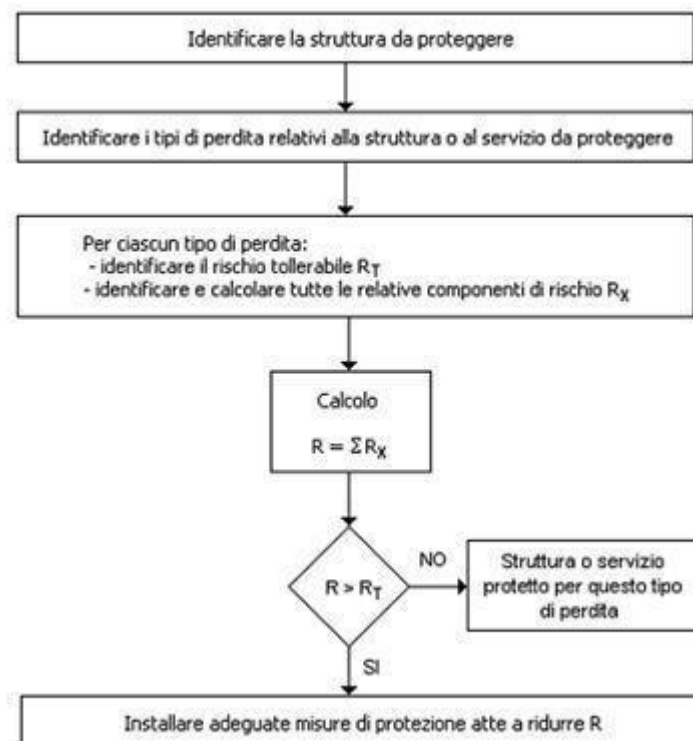
Metodo di valutazione

Ai fini della valutazione del rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄) si deve provvedere a:

- determinare le componenti R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W e R_Z che lo compongono;
- determinare il corrispondente valore del rischio R_x;
- confrontare il rischio R_x con quello tollerabile R_T (tranne per R₄)

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 interessato l'oggetto.

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.4.3, 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.

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$$

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

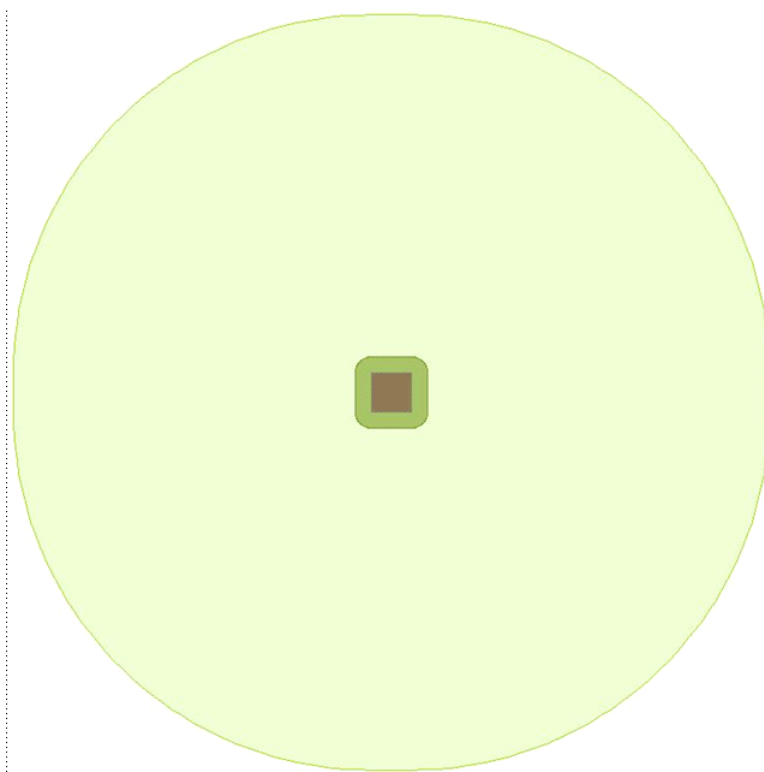
Se almeno un rischio calcolato è superiore al rispettivo R_T devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere il rischio inferiore.

STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	FOSSATONE
Destinazione d'uso	Servizio - elettricità
Indirizzo	Via Casazze
Comune	MASSA LOMBARDA (RA)
Cap	48024
N _G	2.50 fulmini/anno km ²
Fonte dati	

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [$C_D = 1$]
Geometria della struttura	Calcolo aree da disegno: Area raccolta della struttura isolata A_D : 9 643.68 m ² Area raccolta fulmini in prossimità della struttura A_M : 899 106.25 m ²
Schermatura	Assente $K_{S1} = 1$
LPS	Struttura non protetta con LPS [$PB = 1.00$]
N° persone totali nella struttura (L1)	$n_T = 6$
Valore complessivo della struttura (L4)	$C_T = \mathbf{1\ 600\ 000.00\ €}$

DISEGNO DELLA STRUTTURA



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

ZONE

Nella struttura sono presenti 2 zone.

I dettagli di ogni zona sono riportati nei seguenti paragrafi.

Zona Z1 - "Sottostazione - Cabina Utente"

Dati generali	
Denominazione	Sottostazione - Cabina Utente
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Cemento ($R \leq 1k\Omega$) [$r_t = 10^{-2}$]
Pericoli particolari	Livello medio di panico [$h_z = 5$]
Rischio d'incendio	Rischio d'incendio ordinario [$r_f = 10^{-2}$]
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Misure di protezione manuali [$r_p = 0.5$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	1
Ore presenza/anno (t_z)	1000
L_r	10^{-2}
L_f	10^{-2}
Perdita economica (L4)	
Valore animali	€ 0.00
Valore edificio	€ 0.00
Valore contenuto zona	€ 0.00
Valore impianti interni zona	€ 300 000.00
L_r	10^{-2}
L_f	1
L_o	0.10

Zona Z2 - "Sottostazione - Area Esterna"

Dati generali	
Denominazione	Sottostazione - Area Esterna
Tipo di zona	Esterna
Pavimentazione	Cemento ($R \leq 1k\Omega$) [$r_t = 10^{-2}$]
Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto	Multiselezione [PTA = 10^{-5}]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (nz)	5
Ore presenza/anno (tz)	2000
L _T	10^{-2}
L _F	10^{-2}
L _O	10^{-2}
Perdita economica (L4)	
Valore animali	€ 0.00
Valore edificio	€ 0.00
Valore contenuto zona	€ 0.00
Valore impianti interni zona	€ 1 300 000.00
L _T	10^{-2}
L _F	1
L _O	0.10

Legenda:

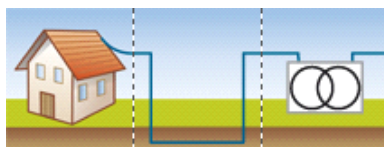
- L_T è la percentuale media di vittime per elettrocuzione (danno D1) causato da un evento pericoloso.
- L_F è la percentuale media di vittime per danno materiale (danno D2) causato da un evento pericoloso.
- L_O è la percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (danno D3) causato da un evento pericoloso.

LINEE

Alla struttura sono collegate 4 linee.

I dettagli di ogni linea sono riportati nei seguenti paragrafi.

Linea L1 - "Linea MT 30kV"

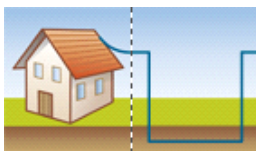


Dati generali	
Denominazione	Linea MT 30kV
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [$C_e = 1.00$]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Cartelli ammonitori [$PTU = 0.10$]
SPD su linea entrante	Sistema SPD assente [$PEB = 1.00$]
Trasformatore AT/BT	Presente, "Trasformatore MT/AT" [$C_T = 0.20$]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Collegamento con Trafo
Lunghezza	1 000 m
Schermatura cavi	Presente [$R_s = 0.3 \Omega/m$], connesso alla barra equipotenziale
Dispersore fittamente magliato	No

Linea L2 - "Linea AT 132kV"

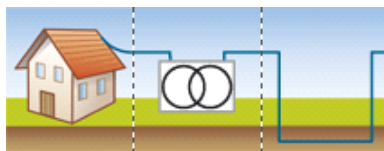


Dati generali	
Denominazione	Linea AT 132kV
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [$C_e = 1.00$]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Cartelli ammonitori [$PTU = 0.10$]
SPD su linea entrante	Sistema SPD assente [$PEB = 1.00$]
Trasformatore AT/BT	Assente [$C_T = 1$]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Collegamento con AT
Lunghezza	1 000 m
Schermatura cavi	Presente [$R_s = 0.1 \Omega/m$]
Dispersore fittamente magliato	No

Linea L3 - "Linea BT"

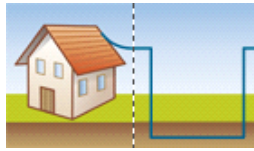


Dati generali	
Denominazione	Linea BT
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [$C_e = 1.00$]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Nessuna misura di protezione [$PTU = 1$]
SPD su linea entrante	Sistema SPD assente [$PEB = 1.00$]
Trasformatore AT/BT	Presente, "Trasformatore MT/BT" [$C_T = 0.20$]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Ausiliari e Comando
Lunghezza	20 m
Schermatura cavi	Assente
Dispersore fittamente magliato	No

Linea L4 - "Fibra Ottica"



Dati generali	
Denominazione	Fibra Ottica
Tipo linea	Linea di segnale
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [$C_e = 1.00$]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Nessuna misura di protezione [$PTU = 1$]
SPD su linea entrante	Sistema SPD assente [$PEB = 1.00$]
Trasformatore AT/BT	Assente [$C_T = 1$]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Controllo Impianto
Lunghezza	500 m
Schermatura cavi	Presente [$R_s = 3.0 \Omega/m$]
Dispersore fittamente magliato	No

IMPIANTI

Nella struttura sono presenti 4 impianti interni.

I dettagli di ogni impianto sono riportati nei seguenti paragrafi.

Impianto I1 - "Quadri MT"

Dati generali	
Denominazione	Quadri MT
Linea collegata all'impianto	Linea MT 30kV
Zone servite dall'impianto	Sottostazione - Cabina Utente
Tensione di tenuta	6000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe II [PSPD = 0.02]

Impianto I2 - "Interruttori AT"

Dati generali	
Denominazione	Interruttori AT
Linea collegata all'impianto	Linea AT 132kV
Zone servite dall'impianto	Sottostazione - Area Esterna
Tensione di tenuta	6000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe II [PSPD = 0.02]

Impianto I 3 - "Ausiliari e Controllo"

Dati generali	
Denominazione	Ausiliari e Controllo
Linea collegata all'impianto	Linea BT
Zone servite dall'impianto	Sottostazione - Cabina Utente
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Nessuna precauzione nella scelta del percorso
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe II [PSPD = 0.02]

Impianto I4 - "Controllo e misura"

Dati generali	
Denominazione	Controllo e misura
Linea collegata all'impianto	Fibra Ottica
Zone servite dall'impianto	Sottostazione - Cabina Utente; Sottostazione - Area Esterna
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	Si
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe II [PSPD = 0.02]

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	2.41×10^{-2}			2.25	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
L1	-			-	10^{-2}			1
L2	-			-	5×10^{-2}			5
L3	-			-	2×10^{-4}			2×10^{-2}
L4	-			-	2.50×10^{-2}			2.50













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	1	2×10^{-2}	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	2×10^{-2}
- I1	-	-	1	2.22×10^{-5}	-	-	-	-
- I3	-	-	1	2×10^{-2}	-	-	-	-
- I4	-	-	1	2×10^{-10}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	4×10^{-5}	2×10^{-2}	4×10^{-4}	0
- L3	-	-	-	-	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	2×10^{-2}
- L4	-	-	-	-	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	6×10^{-3}
Z2	10^{-5}	0	0	0	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	6×10^{-3}
- I2	-	-	1	2.22×10^{-5}	-	-	-	-
- I4	-	-	1	2×10^{-10}	-	-	-	-
- L2	-	-	-	-	2×10^{-3}	1	2×10^{-2}	6×10^{-4}
- L4	-	-	-	-	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	6×10^{-3}

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	L_A	L_B	L_C	L_M	L_U	L_V	L_W	L_Z
Z1	1.90×10^{-6}	4.76×10^{-6}	0	0	1.90×10^{-6}	4.76×10^{-6}	0	0
Z2	1.90×10^{-5}	0	1.90×10^{-3}	1.90×10^{-3}	1.90×10^{-5}	0	1.90×10^{-3}	1.90×10^{-3}

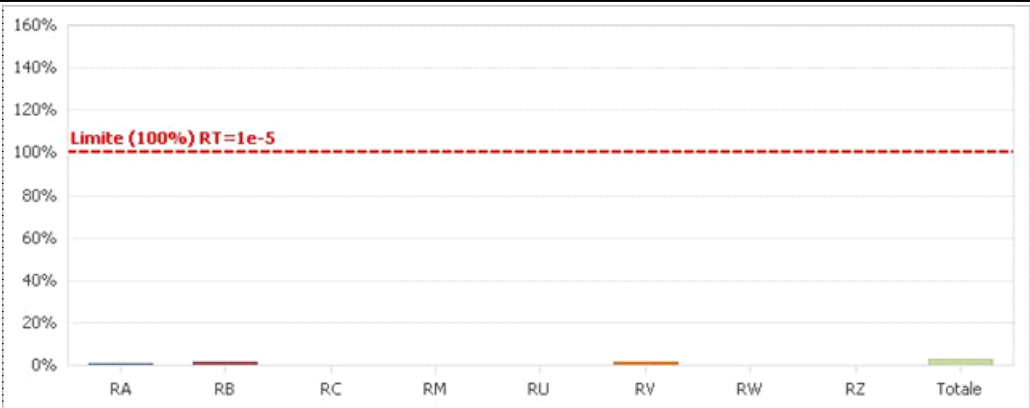
Componenti di rischio di perdita di vite umane, R_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z1	4.59×10^{-8}	1.15×10^{-7}			9.60×10^{-10}	1.21×10^{-7}		
Z2	4.59×10^{-12}	0	0	0	0	0	0	0
Totale	4.59×10^{-8}	1.15×10^{-7}	0	0	9.60×10^{-10}	1.21×10^{-7}	0	0

Rischio di perdita di vita umana, $R_{1,Struttura}$ ($R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura}$)	2.82×10^{-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_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
Struttura	2.41×10^{-2}			2.25	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
L1	-			-	10^{-2}			1
L2	-			-	5×10^{-2}			5
L3	-			-	2×10^{-4}			2×10^{-2}
L4	-			-	2.50×10^{-2}			2.50

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	1	2×10^{-2}	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	2×10^{-2}
- I1	-	-	1	2.22×10^{-5}	-	-	-	-
- I3	-	-	1	2×10^{-2}	-	-	-	-
- I4	-	-	1	2×10^{-10}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	4×10^{-5}	2×10^{-2}	4×10^{-4}	0
- L3	-	-	-	-	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	2×10^{-2}
- L4	-	-	-	-	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	6×10^{-3}
Z2	10^{-5}	0	0	0	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	6×10^{-3}
- I2	-	-	1	2.22×10^{-5}	-	-	-	-
- I4	-	-	1	2×10^{-10}	-	-	-	-
- L2	-	-	-	-	2×10^{-3}	1	2×10^{-2}	6×10^{-4}
- L4	-	-	-	-	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	6×10^{-3}

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

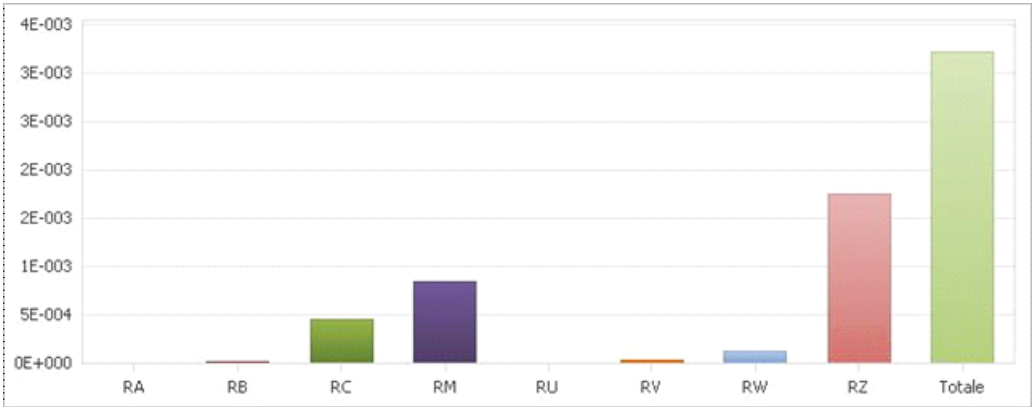
Z1	0	9.38×10^{-4}	1.88×10^{-2}	1.88×10^{-2}	0	9.38×10^{-4}	1.88×10^{-2}	1.88×10^{-2}
Z2	0	0	8.13×10^{-2}	8.13×10^{-2}	0	0	8.13×10^{-2}	8.13×10^{-2}

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		2.26×10^{-5}	4.52×10^{-4}	8.44×10^{-4}		2.38×10^{-5}	9.53×10^{-6}	2.89×10^{-4}
Z2		0	0	0		0	1.22×10^{-4}	1.46×10^{-3}
Totale		2.26×10^{-5}	4.52×10^{-4}	8.44×10^{-4}		2.38×10^{-5}	1.31×10^{-4}	1.75×10^{-3}

<p>Rischio di perdita economica, $R_{4,Struttura}$</p> <p>$(R_{4,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$</p>	3.22×10^{-3}
---	-----------------------

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.