

COMMITTENTE

ECO-RECUPERI S.r.l.
VIA ROMA, 24 SOLAROLO (RA)

OGGETTO

VALUTAZIONE DELLA PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE
ATMOSFERICHE A SERVIZIO DELLO STABILIMENTO UBICATO
IN VIA ROMA, 24 SOLAROLO (RA)

VERIFICA DEL RISCHIO PER LA PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

(NORMA CEI 81-10 EDIZIONE FEBBRAIO 2013 - 81-29 EDIZIONE MAGGIO 2020 -
CEI EN IEC 62858 EDIZIONE MAGGIO 2020)

RELAZIONE DI CALCOLO

Commessa n° **2021-449**

Testo n° **5135.001.01**

Data **26-AGO-2021**

File **5135-001-SC.doc**

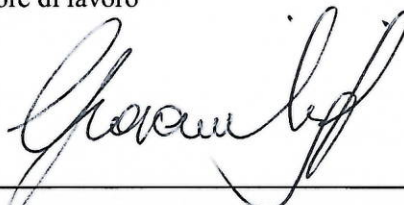
Operatore **T. Cavina**

Visto **Per. Ind. V. Montefiori**

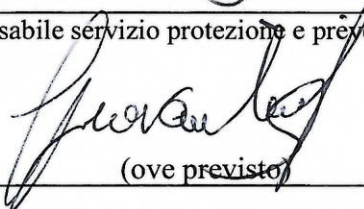
Tecnico



Datore di lavoro

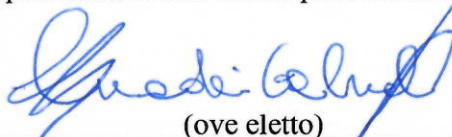


Responsabile servizio protezione e prevenzione



(ove previsto)

Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza



(ove eletto)

INDICE

<u>1) CONTENUTO DEL DOCUMENTO</u>	<u>4</u>
<u>2) NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO</u>	<u>4</u>
<u>3) INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE</u>	<u>4</u>
<u>4) DATI INIZIALI</u>	<u>4</u>
4.1 Densità annua di fulmini a terra.....	4
4.2 Dati relativi alla struttura.....	7
4.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne.....	8
4.4 Definizione e caratteristiche delle zone.....	9
<u>5) RISCHI</u>	<u>12</u>
<u>6) CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE</u>	<u>18</u>
<u>7) VALUTAZIONE DEI RISCHI</u>	<u>26</u>
7.1 Rischio R1: perdita di vite umane	26
7.1.1 Calcolo del rischio R1	26
7.1.2 Analisi del rischio R1	26
<u>8) CONCLUSIONI</u>	<u>26</u>

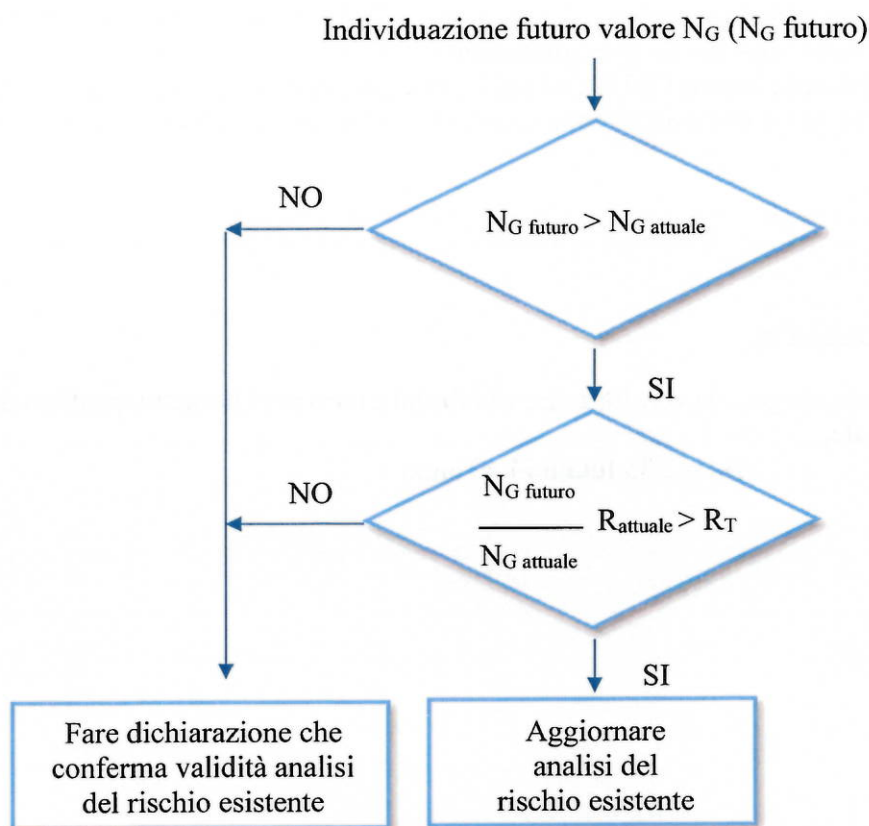
PREFAZIONE

Il datore di lavoro è responsabile della verifica della protezione contro la fulminazione diretta e indiretta in riferimento al DLgs 81/08, artt. 29, 80, 84, e, in mancanza delle necessarie competenze, può delegare a tecnici specializzati la responsabilità della verifica stessa.

La presente relazione di calcolo viene redatta in ottemperanza alla Norma CEI EN IEC 62858 edizione 2020, la quale indica la densità annua di fulmini a terra per kilometro quadrato del sito in cui è ubicata la struttura, fondamentale per la valutazione del rischio.

La Norma CEI EN IEC 62858 edizione 2020, richiede che i dati di riferimento relativi alla fulminazione a terra per kilometro quadrato, si riferiscano ad un periodo di osservazione di almeno dieci anni, e che i dati più recenti, non siano più vecchi di cinque anni dalla data di redazione del calcolo, in modo tale che il dato fornito dal sistema di rilevamento fulmini, sia rappresentativo del periodo climatico più attuale. Ciò comporta la necessità di aggiornare il valore di N_G almeno ogni 5 anni (se il dato viene reso disponibile), e di conseguenza di effettuare una nuova valutazione della protezione contro le scariche atmosferiche ogni 5 anni qualora il nuovo valore N_G , sia superiore a quello utilizzato nello sviluppo della relazione di calcolo, anche se non cambiano le norme di riferimento.

Poiché il valore di N_G viene fornito dai gestori dei sistemi di rilevamento fulmini, esso potrà cambiare in base al momento in cui il dato viene comunicato; di conseguenza, tale dato potrebbe essere variabile e scostarsi di molto dai valori utilizzati per i calcoli effettuati nella presente relazione. Di seguito viene rappresentata a titolo semplificativo la procedura per la verifica futura della validità del presente calcolo.



1) CONTENUTO DEL DOCUMENTO

Il presente documento contiene:

- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine ai sensi del DLgs 81/08, art. 29

2) NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Il presente documento è stato redatto con riferimento alle seguenti norme CEI:

- CEI EN 62305-1 "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2 "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3 "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4 "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" Febbraio 2013;
- CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305" Maggio 2020;
- CEI EN IEC 62858 "Densità di fulminazione. Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi generali" Maggio 2020"

3) INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura di cui si vuole verificare la protezione contro le scariche atmosferiche, coincide con un fabbricato a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.2 della Norma CEI EN 62305-2, ed al fine della sicurezza, viene considerata una struttura le cui dimensioni (e caratteristiche) sono quelle che comprendono l'intero edificio oggetto della presente.

4) DATI INIZIALI

4.1 Densità annua di fulmini a terra

Come rilevabile dal documento allegato, la densità annua di fulmini a terra per kilometro quadrato del sito in cui è ubicata la struttura vale:

$$N_G = 2,35 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

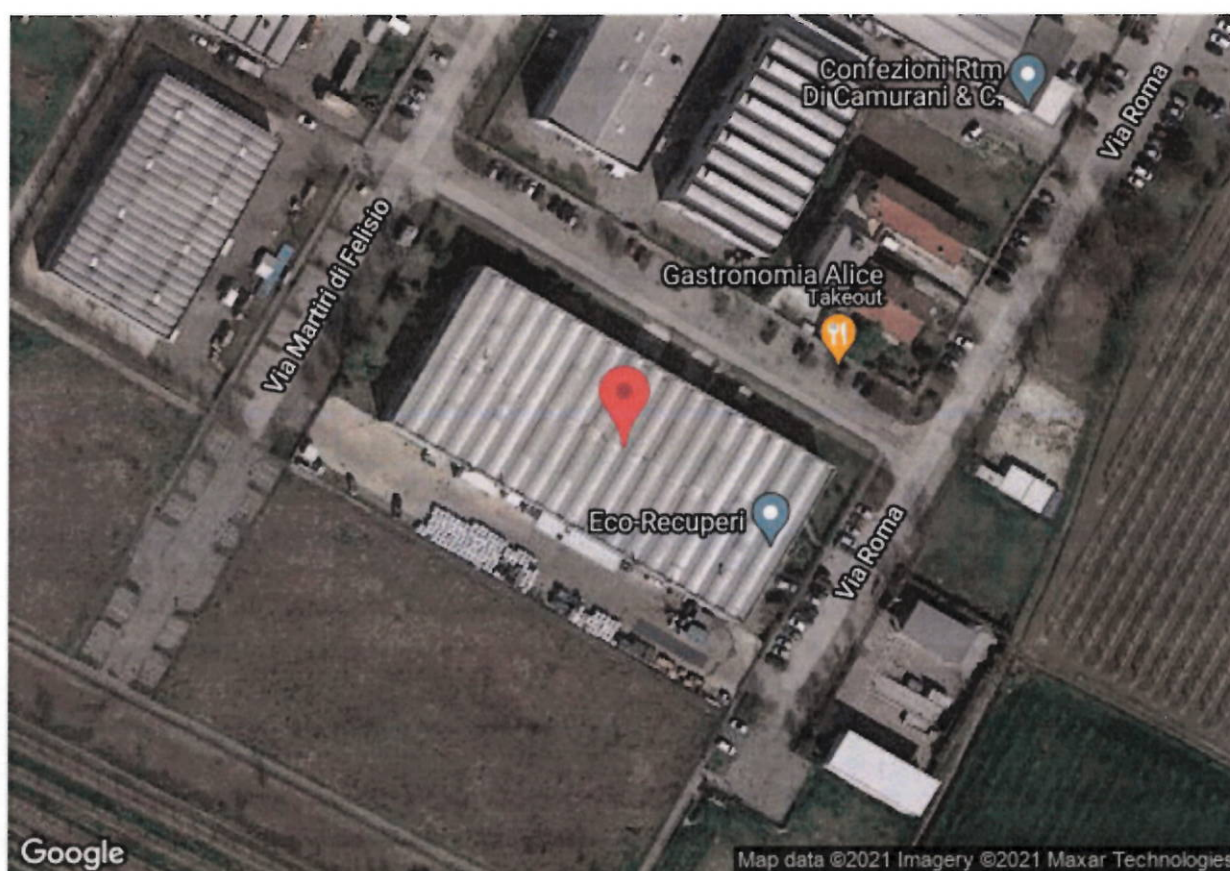


Coordinate in formato decimale (WGS84)

Indirizzo: Coordinate manuali

Latitudine: 44,352897

Longitudine: 11,851940



TNE srl - Strada dei Ronchi 29 - 10133 Torino - Tel. 011.661.12.12 - Fax 011.661.81.05 - info@tne.it - www.tne.it



VALORE DI N_G

(CEI EN 62305 - CEI EN IEC 62858)

$$N_G = 2,35 \text{ fulmini / (anno km}^2\text{)}$$

POSIZIONE

Latitudine: **44,352897° N**

Longitudine: **11,851940° E**

INFORMAZIONI

- Il valore di N_G è riferito alle coordinate geografiche fornite dall'utente (latitudine e longitudine, formato WGS84). E' responsabilità dell'utente verificare l'affidabilità degli strumenti utilizzati per la rilevazione delle coordinate stesse, ivi inclusi la precisione e l'accuratezza di eventuali rilevatori GPS utilizzati per rilevazioni sul campo.
- I valori di N_G derivano da rilevazioni ed elaborazioni effettuate secondo lo stato dell'arte della tecnologia e delle conoscenze tecnico-scientifiche in materia.
- Il valore di N_G dipende dalle coordinate inserite. In uno stesso Comune si possono avere più valori di N_G .
- Piccole variazioni delle coordinate possono portare a valori diversi di N_G a causa della natura discreta della mappa cartografica.
- I dati forniti da TNE srl possiedono le caratteristiche indicate dalla guida CEI EN IEC 62858 per essere utilizzati nella analisi del rischio prevista dalla norma CEI EN 62305-2.
- I valori di N_G forniti sono di proprietà di TNE srl. Senza il consenso scritto da parte della TNE, è vietata la raccolta e la divulgazione dei suddetti dati, anche a titolo gratuito, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo.

VALIDITA' TEMPORALE

- Il valore di N_G riportato sul presente attestato, in accordo con la norma CEI EN IEC 62858, art. 4.3, dovrà essere rivalutato a partire dal 1° gennaio 2025.

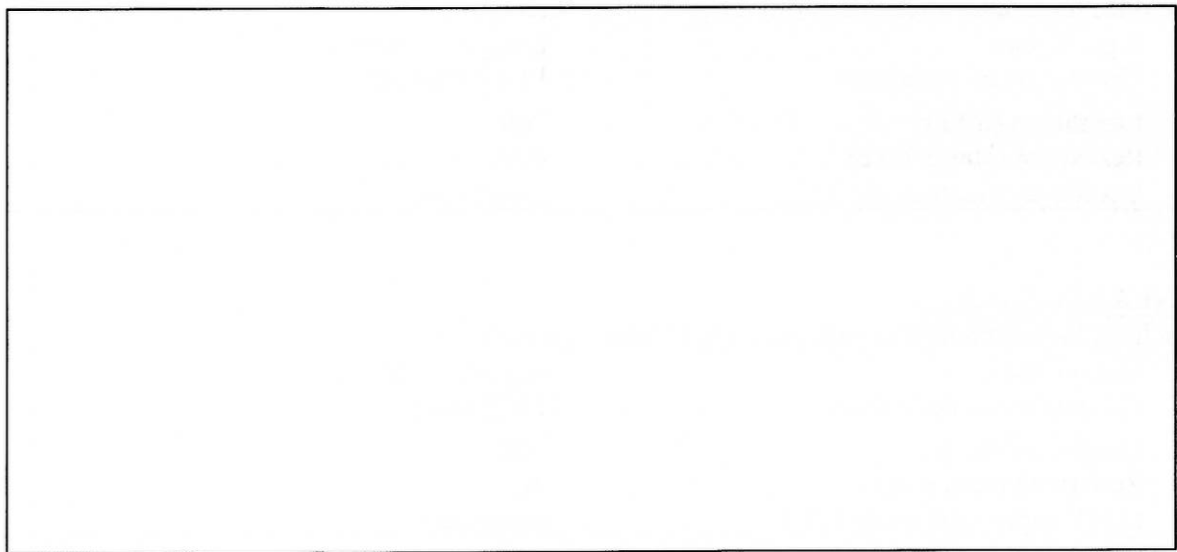
Data 25/08/2021

TNE srl - Strada dei Ronchi 29 - 10133 Torino - Tel. 011.661.12.12 - Fax 011.661.81.05 - info@tne.it - www.tne.it

4.2 Dati relativi alla struttura

La struttura ha geometria di seguito rappresentata; in virtù della destinazione d'uso (deposito di rifiuti), e dell'ampiezza del fabbricato, in seguito alla fulminazione, può essere soggetta a:

- perdita di vite umane (R1);
- perdite economiche (R4).



Scala: 5 m

Hmax: 10 m

Su indicazione della committenza, ed in accordo con la Norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve essere calcolato il rischio R1 (perdita di vite umane).

Caratteristiche della struttura:

- Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore (CD = 0,5)
- Densità di fulmini a terra (fulmini/km² anno): N_G = 2,35

4.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalla seguente linea:

- Linea di energia: LINEA ELETTRICA
- Linea di segnale: LINEA TELEFONICA

Avente le seguenti caratteristiche:

LINEA ELETTRICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.	
- Tipo di linea:	energia – interrata
- Caratteristiche della linea:	ELETTRICA
- Lunghezza (m) Lc:	700
- Resistività (ohm x m) ρ:	400
- Coefficiente ambientale (CE):	suburbano

LINEA SEGNALE

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.	
- Tipo di linea:	segnale - interrata
- Caratteristiche della linea:	SEGNALE
- Lunghezza (m) Lc:	700
- Resistività (ohm x m) ρ:	400
- Coefficiente ambientale (CE):	suburbano

4.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- protezioni antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

è stata definita la seguente zona:

Z1: Struttura

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono di seguito riportate:

Caratteristiche del fabbricato:

Tipo di zona:	interna
Tipo di pavimentazione:	cemento ($r_t = 0,01$)
Rischio di incendio	elevato ($r_f = 0,1$)
Pericoli particolari:	medio rischio di panico ($h = 5$)
Protezioni antincendio:	manuali ($r_p = 0,5$)
Schermatura di zona:	assente
Protezioni contro le tensioni di contatto:	nessuna

Caratteristiche impianti interni:

Impianto interno:	LINEA ELETTRICA
Tipo di circuito:	Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,01$)
Tensione di tenuta:	2,5 kV
Sistema di SPD - livello:	Assente ($P_{spd} = 1$)

Impianto interno:	LINEA TELEFONICA
Tipo di circuito:	Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,01$)
Tensione di tenuta:	1,5 kV
Sistema di SPD - livello:	Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona:

Rischio R1

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno):	2900
Perdita per tensioni di contatto e passo (relativa a R1):	$LA = LU = 3,31E-05$
Perdita per danno fisico (relativa a R1)	$LB = LV = 1,66E-04$
I valori sopra rappresentati, sono stati estrapolati dalla tabella C1 e C12 della Norma CEI EN 62305-2.	

**Tabella C.1 – Valori medi tipici di L_t , L_f e L_0
(Per il calcolo delle perdite relative al rischio R1)**

Tipo di struttura	L_t
Tutti i tipi	10^{-2}

Tipo di struttura	L_f
Rischio di esplosione	10^{-2}
Ospedali, alberghi, civili abitazioni, scuole	10^{-2}
Pubblico spettacolo, chiese, musei	$5 \cdot 10^{-3}$
Industriale, commerciale	$2 \cdot 10^{-3}$
Altro	10^{-3}

Tipo di struttura	L_0
Rischio di esplosione	10^{-2}
Blocchi operatori e reparti di rianimazione	10^{-3}
Altre parti di ospedali(*)	10^{-4}

(*) **Nota del Comitato Italiano** – Solo se è previsto, nelle normali condizioni di operatività, l'uso di apparecchiature il cui guasto provochi immediato pericolo per la vita umana. Se questa condizione non è verificata, si può assumere $L_0 = 0$

**Tabella C.12 – Valori medi tipici di L_t , L_f e L_0
(Per il calcolo delle perdite relative al rischio R4)**

Tipo di struttura	L_t
Tutti i tipi solo se sono presenti animali	10^{-2}

Tipo di struttura	L_f
Rischio di esplosione	1
Ospedale, industriale, museo, agricola	0,5
Albergo, scuola, ufficio, chiesa, pubblico spettacolo, attività commerciale	0,2
Altri	0,1

Tipo di struttura	L_0
Rischio di esplosione	10^{-1}
Ospedale, industriale, ufficio, albergo, attività commerciale	10^{-2}
Museo, agricolo, scuola, chiesa, pubblico spettacolo	10^{-3}
Altri	10^{-4}

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona:

Rischio 1: R_A R_B R_U R_V

La valutazione del rischio economico non è stata affrontata in quanto, la presente, viene effettuata al solo scopo di valutare il rischio delle perdite di vite umane (R1).

Dove:

R_A : Componente di rischio (Danno ad essere viventi – fulminazione sulla struttura);

R_B : Componente di rischio (Danno materiale alla struttura – fulminazione sulla struttura);

R_U : Componente di rischio (Danno ad esseri viventi – fulminazione sul servizio);

R_V : Componente di rischio (Danno materiale alla struttura – fulminazione sul servizio connesso);

5) RISCHI**Rischio R1 – Perdita di vite umane**

Il valore della perdita L_x in ciascuna zona può essere determinato secondo la Tab. C.1, considerando che:

- la perdita di vite umane dipende dalle caratteristiche della zona. Esse sono tenute in conto mediante fattori di incremento (h_z) e di riduzione (r_t , r_p , r_f);
- il massimo valore di perdita nella zona deve essere ridotto con il rapporto tra il numero di persone nella zona (n_z) ed il numero totale di persone (n_t) nell'intera struttura;
- il tempo di permanenza nella zona espresso in ore all'anno (t_z), se esso è minore del numero totale di ore in un anno (8760), riduce anch'esso la perdita.

Tabella C.1 – Tipo di perdita L1: Valori di perdita in ciascuna zona

Tipo di danno	Perdita tipica	Equazione
D1	$L_A = r_t \cdot L_T \cdot (n_z/n_t) \cdot (t_z/8760)$	(C.1)
D1	$L_U = r_t \cdot L_T \cdot (n_z/n_t) \cdot (t_z/8760)$	(C.2)
D2	$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_F \cdot (n_z/n_t) \cdot (t_z/8760)$	(C.3)
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_0 \cdot (n_z/n_t) \cdot (t_z/8760)$	(C.4)

dove:

- L_t : è la percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1) causate da un evento pericoloso (Tab. C.2);
- L_f : è la percentuale media di vittime per danno materiale (D2) causate da un evento pericoloso (Tab. C.2);
- L_0 : è la percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (D3) causato da un evento pericoloso (Tab. C.3);
- r_t : è un coefficiente di riduzione per la perdita di vite umane dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione (Tab. C.3);
- r_p : è un coefficiente di riduzione per la perdita dovuta a danno materiale dipendente dai provvedimenti atti a ridurre le conseguenze dell'incendio (Tab. C.4);
- r_f : è un coefficiente di riduzione per la perdita dovuta a danno materiale dipendente dal rischio di incendio o dal rischio di esplosione della struttura (Tab. C.5);
- h_z : è il coefficiente di incremento della perdita dovuta al danno materiale nel caso sia presente un pericolo particolare (Tab. C.6);
- n_z : è il numero di persone nella zona;
- n_t : è il numero di persone nella struttura;
- t_z : è il tempo espresso in ore all'anno per cui le persone sono presenti nella zona;

**Tabella C.2 – Tipo di perdita L1: Valori medi tipici di L_t , L_f e L_0
(Per il calcolo delle perdite relative al rischio R1)**

Tipo di danno	Tipo di struttura	L_t
D1 Danno ad esseri viventi	Tutti i tipi	10^{-2}
Tipo di danno	Tipo di struttura	L_f
D2 Danno materiale	Rischio di esplosione	10^{-2}
	Ospedali, alberghi, civili abitazioni	10^{-2}
	Pubblico spettacolo, chiese, musei	$5 \cdot 10^{-3}$
	Industriale, commerciale	$2 \cdot 10^{-3}$
	Altro	10^{-3}
Tipo di danno	Tipo di struttura	L_0
D3 Guasto di impianti interni	Rischio di esplosione	10^{-2}
	Blocchi operatori e reparti di rianimazione	10^{-3}
	Altre parti di ospedali	10^{-4}

Quando il danno ad una struttura dovuto al fulmine si può estendere alle strutture circostanti o all'ambiente (es. emissioni chimiche o radioattive), la valutazione della perdita totale (L_{BT} e L_{VT}) dovrebbe tenere conto delle perdite addizionali (L_{BE} e L_{VE}):

$$L_{BT} = L_B + L_{BE}$$

$$L_{VT} = L_V + L_{VE}$$

dove

$$L_{BE} = L_{VE} = L_{FE} \cdot t_e/200$$

L_{FE} : è la percentuale media tipica di vittime dovuta al danno materiale all'esterno della struttura

t_e : è la durata della presenza di persone nell'area pericolosa all'esterno della struttura.

**Tabella C.3 –Coefficienti di riduzione r_t in funzione del tipo di superficie
del suolo o della pavimentazione**

Tipo di superficie ^(b)	Resistenza di contatto ($k \Omega$) ^(a)	r_t
Agricolo, cemento	< 1	10^{-2}
Marmo, ceramica	1 – 10	10^{-3}
Pietrisco, moquette, tappeto	10 – 100	10^{-4}
Asfalto, linoleum, legno	> 100	10^{-5}
(a) Valori misurati tra un elettrodo di 400 cm ² premuto con una forza di 500N ed un punto all'infinito		
(b) Uno strato di materiale isolante, per es. asfalto di 5 cm di spessore (o uno strato di ghiaia di 15 cm), generalmente riducono il pericolo ad un livello tollerabile.		

Tabella C.4 – Valori del coefficiente di riduzione r_p in funzione delle misure atte a ridurre le conseguenze dell'incendio

Misure adottate	r_p
Nessuna misura	1
Una delle seguenti misure: estintori; impianto fisso di estinzione operato manualmente; impianto di allarme manuale; idranti; compartimentazione antincendio; vie di fuga protette	0,5
Una delle seguenti misure: impianto fisso di estinzione operato automaticamente; impianto di allarme automatico ⁽¹⁾	0,2
(1) Solo se protetto contro le sovratensioni ed altri danneggiamenti e se la squadra antincendio può intervenire in meno di 10 minuti.	

Tabella C.5 – Valori del coefficiente di riduzione r_f in funzione del rischio d'incendio della struttura

Rischio	Entità del rischio	r_f
Esplosione	Zone 0, 20 ed esplosivi solidi	1
	Zone 1, 21	10^{-1}
	Zone 2, 22	10^{-3}
Incendio	Elevato	10^{-1}
	Ordinario	10^{-2}
	Ridotto	10^{-3}
Explosione o incendio	Nessuno	0

Tabella C.6 – Valori del coefficiente h_z che incrementa l'ammontare relativo della perdita in presenza di pericoli particolari

Tipo di pericolo particolare	h_z
Nessuno	1
Livello ridotto di panico (p.e.: struttura limitata a due piani ed un numero di persone inferiore a 100)	2
Livello medio di panico (p.e.: strutture destinate ad eventi culturali o sportivi con un numero di partecipanti compreso tra 100 e 1000 persone)	5
Difficoltà di evacuazione (p.e.: strutture con presenza di persone impossibilitate a muoversi, ospedali)	5
Livello elevato di panico (p.e.: strutture destinate ad eventi culturali o sportivi con numero di partecipanti maggiore di 1000 persone)	10

Rischio R4 – Perdite economiche

Il valore della perdita L_x in ciascuna zona, può essere determinato in accordo con la Tab. C.11 considerando che:

- la perdita economica è determinata dalle caratteristiche della zona. Queste sono tenute in conto mediante coefficienti di riduzione (r_t , r_p , r_f);
- il massimo valore di perdita dovuta al danno nella zona deve essere ridotto con il rapporto tra il valore relativo alla zona ed il valore (c_i) dell'intera struttura (animali, edificio, contenuto ed impianti comprensivi delle loro attività). Il valore relativo alla zona dipende dal tipo di danno:
 - D1 (danno ad animali per elettrocuzione): c_a (solo il valore degli animali)
 - D2 (danno materiale): $c_a + c_b + c_c + c_s$ (valore di tutti i beni)
 - D3 (guasto degli impianti interni): c_s (solo il valore degli impianti interni e delle attività a loro connesse)

Tabella C.11 – Tipo di perdita L4: Valori di perdita in ciascuna zona

Tipo di danno	Perdita tipica	Equazione
D1	$L_A = r_t \cdot L_T \cdot c_a/c_t$	(C.10)
D1	$L_U = r_t \cdot L_T \cdot c_a/c_t$	(C.11)
D2	$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot (c_a + c_b + c_c + c_s)/c_t$	(C.12)
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_0 \cdot c_s/c_t$	(C.13)

dove:

- L_T : è la percentuale media tipica di tutti i beni danneggiati per elettrocuzione (D1) causato da un evento pericoloso (Tab. C.12);
- L_F : è la percentuale media tipica di tutti i beni danneggiati per danno materiale causato da un evento pericoloso (Tab. C.12);
- L_0 : è la percentuale media tipica di tutti i beni danneggiati per guasto degli impianti interni causato da un evento pericoloso (Tab. C.12);
- r_t : è un coefficiente di riduzione per la perdita di animali dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione (Tab. C.3);
- r_p : è un coefficiente di riduzione per la perdita dovuta al danno materiale dipendente dai provvedimenti atti a ridurre le conseguenze dell'incendio (Tab. C.4);
- r_f : è un coefficiente di riduzione per la perdita dovuta al danno materiale dipendente dal rischio di incendio o dal rischio di esplosione della struttura (Tab. C.5);
- c_a : è il valore degli animali nella zona;
- c_b : è il valore dell'edificio relativo alla zona;
- c_c : è il valore del contenuto della zona;
- c_s : è il valore degli impianti interni comprese le loro attività nella zona;
- c_t : è il valore complessivo della struttura (comma comprensiva di tutte le zone per animali, edificio, contenuto ed impianti interni incluse le loro attività);

**Tabella C.12 – Tipo di perdita L4: Valori medi tipici di L_t , L_f e L_0
(Per il calcolo delle perdite relative al rischio R4)**

Tipo di danno	Tipo di struttura	L_t
D1 Danno per elettrocuzione	Tutti i tipi solo se sono presenti animali	10^{-2}

Tipo di danno	Tipo di struttura	L_f
D2 Danno materiale	Rischio di esplosione	1
	Ospedale, industriale, museo, agricola	0,5
	Albergo, scuola, ufficio, chiesa, pubblico spettacolo, attività commerciale	0,2
	Altri	0,1

Tipo di danno	Tipo di struttura	L_0
D3 Guasto degli impianti interni	Rischio di esplosione	10^{-1}
	Ospedale, industriale, ufficio, albergo, attività commerciale	10^{-2}
	Museo, agricolo, scuola, chiesa, pubblico spettacolo	10^{-3}
	Altri	10^{-4}

Quando il danno ad una struttura dovuto al fulmine si può estendere alle strutture circostanti o l'ambiente, (es. emissioni chimiche o radioattive), la valutazione delle perdite totali (L_{BT} e L_{VT}) dovrebbe tenere conto delle perdite addizionali (L_{BE} e L_{VE}):

$$L_{BT} = L_B + L_{BE}$$

$$L_{VT} = L_V + L_{VE}$$

dove

$$L_{BE} = L_{VE} = L_{FE} \cdot c_e/c_t$$

L_{FE} : è la percentuale media tipica del valore economico di tutti i beni danneggiati dovuti al danno materiale all'esterno della struttura;

c_e : è il valore complessivo dei beni nell'area pericolosa all'esterno della struttura.

Le informazioni relative al valore degli animali c_a , al valore dell'edificio c_b , al valore del contenuto c_c ed al valore degli impianti interni comprese le loro attività c_s , dovrebbero essere fornite al progettista dal proprietario della struttura.

Quando queste informazioni non siano disponibili essere possono essere dedotte dai valori proposti nelle Tabelle C.Z1 e C.Z2

Tabella C.Z1 – Valori proposti per la determinazione di c_t

Tipo di struttura	Valori di riferimento	Totale per c_t		
Strutture non industriali	Costo della ricostruzione totale (esclusa la perdita di attività)	Ridotto	c_t per volume ($\text{€}/\text{m}^3$)	300
		Ordinario		400
		Elevato		500
Strutture industriali	Valore complessivo della struttura, incluso l'edificio, le installazioni ed il contenuto (compresa la perdita di attività)	Ridotto	c_t per impiegato ($\text{k€}/\text{impiegato}$)	100
		Ordinario		300
		Elevato		500

Tabella C.Z2 – Frazioni per la determinazione dei valori totali c_a , c_b , c_c , c_s

Condizione	Frazione per animali c_a/c_t	Frazione per edificio c_b/c_t	Frazione per contenuto c_c/c_t	Frazione per impianti interni c_s/c_t	Totale di tutti i beni $(c_a + c_b + c_c + c_s)/c_t$
Senza animali	0	75 %	10 %	15 %	100 %
Con animali	10 %	70 %	5 %	15 %	100 %

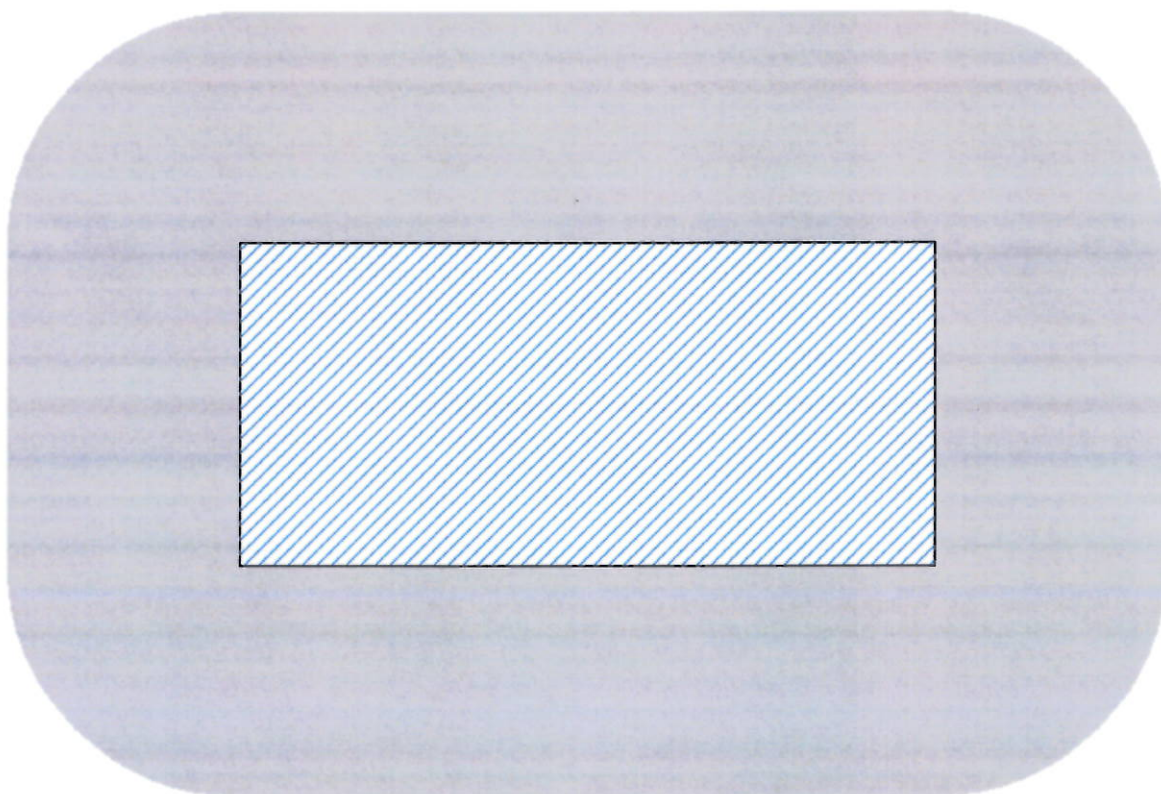
Se sono utilizzati i valori delle Tabelle C.Z1 o C.Z2 dovrebbero essere effettuati i seguenti passi:

- 1) determinare il valore totale c_t in euro per l'intera struttura dalla Tab. C.Z1
- 2) determinare i valori totali c_a , c_b , c_c , e c_s per l'intera struttura dalla Tab. C.Z2
- 3) nel caso in cui i valori totali c_a , c_b , c_c , e c_s siano suddivisi in più zone, i valori applicabili in ciascuna zona possono essere definiti con i seguenti rapporti:
 - volume della zona / volume totale per struttura non industriale;
 - impiegato nella zona / numero totale di impiegati per strutture industriali.

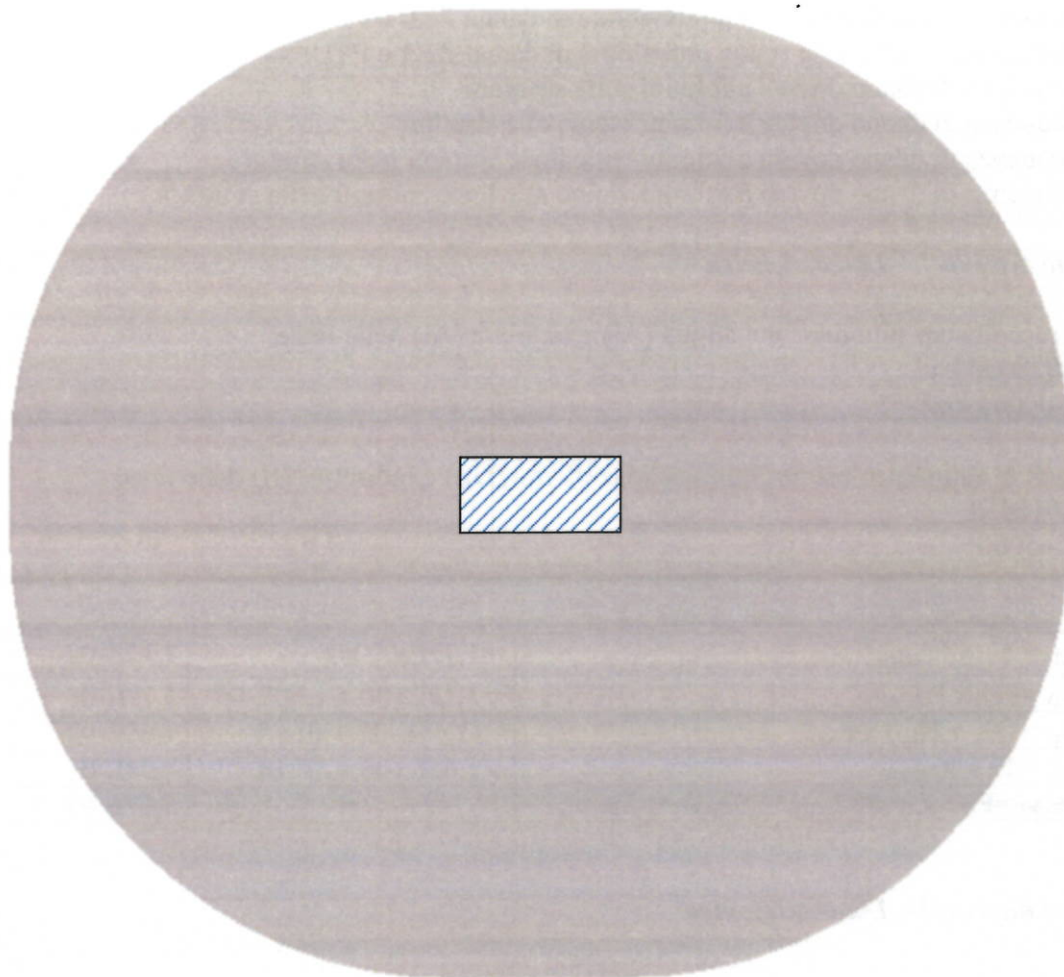
NOTA Z1 I valori medi tipici dei costi riportati nella Tab. C.Z1 e nella Tab. C.Z2, sono valori meramente proposti dal CENELEC. Valori differenti possono essere definiti da ciascun comitato nazionale o dopo una approfondita analisi.

6) CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

L'area di raccolta Ad dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.2, ed è di seguito riportato.



L'area di raccolta A_m dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.3, ed è di seguito riportato.



Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

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

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono di seguito riportati:

Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD:	1,46E-02 km ²
Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM:	4,78E-01 km ²
Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND:	1,72E-02
Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM:	1,12E+00

Frequenza di danno

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono di seguito riportati.

Frequenza di danno tollerabile $FT = 9,0E-01$

Non è stata considerata la perdita di animali

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

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

FS1: Frequenza di danno dovuta a fulmini sulla struttura

FS2: Frequenza di danno dovuta a fulmini vicino alla struttura

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

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

Impianto interno 1 – Linea elettrica

Area di raccolta per fulminazione diretta (A_I) e indiretta (A_i) delle linee:

$AL = 0,028000 \text{ km}^2$

$AI = 2,800000 \text{ km}^2$

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

$NL = 0,016450$

$NI = 1,645000$

$FS1_{(elet)} = N_D \times P_{C(elet)}$	$= 1,72E-02 \times 1$	1,72E-02
$FS2_{(elet)} = N_M \times P_{M(elet)}$	$= 1,12E+00 \times 1,60E-05$	1,79E-05
$FS3_{(elet)} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W$	$= (1,65E-02 + 0) \times 1$	1,65E-02
$FS4_{(elet)} = N_I \times P_{Z(elet)}$	$= 1,65E+00 \times 3E-01$	4,94E-01
Totale_(elet) = FS1_(elet) + FS2_(elet) + FS3_(elet) + FS4_(elet)	=	5,27E-01

Impianto interno 2 – Linea telefonica

Area di raccolta per fulminazione diretta (A_I) e indiretta (A_i) delle linee:

$AL = 0,028000 \text{ km}^2$

$AI = 2,800000 \text{ km}^2$

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

$NL = 0,016450$

$NI = 1,645000$

$FS1_{(segn)} = N_D \times P_{C(segn)}$	$= 1,72E-02 \times 1$	1,72E-02
$FS2_{(segn)} = N_M \times P_{M(segn)}$	$= 1,12E+00 \times 4,44E-05$	4,97E-05
$FS3_{(segn)} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W$	$= (1,65E-02 + 0) \times 1$	1,65E-02
$FS4_{(segn)} = N_I \times P_{Z(segn)}$	$= 1,65E+00 \times 5E-01$	8,23E-01
Totale_(segn) = FS1_(segn) + FS2_(segn) + FS3_(segn) + FS4_(segn)	=	8,56E-01

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono di seguito riportate.

Pa:	1,00E+00	(Valore ricavato dalla Tabella B.1 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù della mancanza di misure di protezione);
Pb:	1,0 E+00	(Valore ricavato dalla Tabella B.2 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù della mancanza di protezione della struttura mediante LPS);
Pc _(elet) :	1,00E+00	(Valore ricavato dalla Tabella B.3 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù della mancanza di protezione della struttura mediante LPS);
Pc _(segn) :	1,00E+00	(Valore ricavato dalla Tabella B.3 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù della mancanza di protezione della struttura mediante LPS);
Pc:	1,00E+00	(Valore ricavato dalla Tabella B.3 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù della mancanza di protezione della struttura mediante LPS);
Pm _(elet) :	1,60E-05	(Valore ricavato dalla formula B.3 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù del coefficiente K _{MS} ricavato in virtù del tipo di cavo e della tensione di tenuta);
Pm _(segn) :	4,44E-05	(Valore ricavato dalla formula B.3 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù del coefficiente K _{MS} ricavato in virtù del tipo di cavo e della tensione di tenuta);
Pm:	6,04E-05	(Valore ricavato dalla formula B.3 allegato B, Norma CEI EN 62305-2 in virtù del coefficiente K _{MS} ricavato in virtù del tipo di cavo e della tensione di tenuta);
Pu _(elet) :	1,00E+00	
Pv _(elet) :	1,00E+00	
Pw _(elet) :	1,00E+00	
Pz _(elet) :	3,00E-01	
Pu _(segn) :	1,00E+00	
Pv _(segn) :	1,00E+00	
Pw _(segn) :	1,00E+00	
Pz _(segn) :	5,00E-01	

Tabella B.1 – Probabilità P_A che un fulmine causi danno ad esseri viventi

Misure di protezione	P_{TA}
Nessuna misura di protezione	1
Cartelli monitori	10^{-1}
Isolamento elettrico delle calate (es. almeno 3 mm di polietilene reticolato) delle parti accessibili (es. calate)	10^{-2}
Efficace equipotenzializzazione del suolo	10^{-2}
Barriere o strutture portanti dell'edificio utilizzate come calate	0

Tabella B.2 – Probabilità P_B in funzione delle misure di protezione adottate per ridurre il danno materiale

Caratteristiche della struttura	Classe dell'LPS	P_B
Struttura non protetta con LPS	-	1
Struttura protetta con LPS	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Struttura con organi di captazione conformi ad un LPS di classe I e con uno schermo metallico continuo o con gli organi di discesa costituiti dai ferri d'armatura del calcestruzzo		0,01
Struttura con copertura metallica od organi di captazione, eventualmente comprendenti componenti naturali, atti a garantire una completa protezione contro la fulminazione diretta di ogni installazione sulla copertura e con organi di discesa costituiti dai ferri d'armatura del calcestruzzo		0,001

Tabella B.3 – Valori della probabilità P_{SPD} in funzione del LPL per cui sono progettati gli SPD

LPL	P_{SPS}
Sistema di SPD assente	1
III - IV	0,05
II	0,02
I	0,01

Tabella B.5 – Valori del coefficiente K_{S3} in funzione del cablaggio interno

Tipo di cablaggio interno	K_{S3}
Cavi non schermati – nessuna precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire ^(a)	1
Cavi non schermati – precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire ^(b)	0,2
Cavi non schermati – precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire ^(c)	0,01
Cavi schermati e cavi all'interno di condotti metallici ^(d)	0,0001
(a) Spire di conduttori con percorsi diversi in un edificio di grandi dimensioni (area della spira nell'ordine di 50m ²) (b) Spire di conduttori posati nello stesso condotto o spire di conduttori con percorsi diversi in un edificio di dimensioni ridotte (area della spira nell'ordine di 10m ²) (c) Spira di conduttori posti nello stesso cavo (area della spira nell'ordine di 0,5m ²) (d) Schermi e condotti metallici connessi alla barra equipotenziale ad entrambe le estremità e apparati connessi alla stessa barra equipotenziale	

I valori di probabilità P_U di danno agli esseri viventi dovuto alle tensioni di contatto e di passo per un fulmine su un servizio entrante nella struttura dipende dalle caratteristiche della schermatura del servizio, dalla tensione di tenuta ad impulso degli impianti interni connessi al servizio, dalle tipiche misure di (interdizione fisica, cartelli ammonitori, ecc. e dagli SPD installati all'ingresso del servizio.

Se non sono stati installati SPD per l'equipotenzializzazione secondo la CEI EN 62305-3 il valore di P_U è uguale a quello di P_{LD} dove P_{LD} è la probabilità di guasto degli impianti interni dovuta alla fulminazione sul servizio connesso.

Tabella B.8 – Valori di probabilità P_{LD} in funzione della resistenza R_S dello schermo del cavo e della tensione di tenuta ad impulso U_w degli apparati

Tipo di linea	Condizioni del percorso, dello schermo e della messa a terra	Tensione di tenuta U_w in kV				
		1	1,5	2,5	4	6
Linea di energia o di tele comunicazione	Linee aerea o interrata, non schermata o con schermo non connesso alla barra equipotenziale a cui sono connessi gli apparati	1	1	1	1	1
	Linea schermata aerea o interrata con schermo connesso alla stessa barra equipotenziale a cui sono connessi gli apparati	$5 < R_S \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	0,95	0,9	0,8
		$1 < R_S \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3
		$R_S \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,04

Tabella C.3 – Valori dei coefficienti di riduzione r_t in funzione del tipo di superficie del suolo o della pavimentazione

Tipo di superficie ^(b)	Resistenza di contatto (k Ω) ^(a)	r_t
Agricolo, cemento	≤ 1	10^{-2}
Marmo, ceramica	1 – 10	10^{-3}
Pietrisco, moquette, tappeto	10 – 100	10^{-4}
Asfalto, linoleum, legno	≥ 100	10^{-5}
(a) Valori misurati tra un elettrodo di 400 cm ² premuto con una forza di 500N ed un punto all'infinito		
(b) Uno strato di materiale isolante, per es. asfalto di 5 cm di spessore (o uno strato di ghiaia di 15cm), generalmente riducono il pericolo ad un livello tollerabile		

Tabella C.4 – Valori del coefficiente di riduzione r_p in funzione delle misure atte a ridurre le conseguenze dell'incendio

Misure adottate	r_p
Nessuna misura	1
Una delle seguenti misure: estintori; impianto fisso di estinzione operato manualmente; impianto di allarme manuale; idranti; compartimentazione antincendio; vie di fuga protette	0,5
Una delle seguenti misure: impianto fisso di estinzione operato automaticamente; impianto di allarme automatico ⁽¹⁾	0,2
(2) Solo se protetto contro le sovratensioni ed altri danneggiamenti e se la squadra antincendio può intervenire in meno di 10 minuti.	

Se sono adottate più misure dovrebbe essere considerato, per il valore di r_p , il valore minore tra quelli sopraccitati.

Tabella C.5 – Coefficiente di riduzione r_f in funzione del rischio d'incendio o di esplosione della struttura

Rischio	Entità del rischio	r_f
Esplosione	Zona 0, 20 ed esplosivi solidi	1
	Zone 1, 21	10^{-1}
	Zone 2, 22	10^{-3}
Incendio	Elevato	10^{-1}
	Ordinario	10^{-2}
	Ridotto	10^{-3}
Explosione o incendio	Nulla	0

Tabella C.6 – Valori del coefficiente h_z che incrementa l'ammontare relativo della perdita in presenza di pericoli particolari

Tipo di pericolo particolare	h
Nessuno	1
Livello ridotto di panico (p.e.: struttura limitata a due piani ed un numero di persone inferiore a 100)	2
Livello medio di panico (p.e.: strutture destinate ad eventi culturali o sportivi con un numero di partecipanti compreso tra 100 e 1000 persone)	5
Difficoltà di evacuazione (p.e.: strutture con presenza di persone impossibilitate a muoversi, ospedali)	5
Livello elevato di panico (p.e.: strutture destinate ad eventi culturali o sportivi con numero di partecipanti maggiore di 1000 persone)	10

7) VALUTAZIONE DEI RISCHI

7.1 Rischio R1: perdita di vite umane

7.1.1 Calcolo del rischio R1

Il valore di rischio R1, viene ricavato dall'equazione di seguito riportata:

$$R1 = R_A + R_B + R_{U(clet)} + R_{V(clet)} + R_{U(tel)} + R_{V(tel)}$$

Dove:

R_A	$= N_D \cdot P_A \cdot L_A$	$= 5,68E-07$
R_B	$= N_D \cdot P_B \cdot L_B$	$= 2,84E-06$
$R_{U(clet)}$	$= (N_L + N_{DJ}) \cdot P_U \cdot L_U$	$= 5,44E-07$
$R_{V(clet)}$	$= (N_L + N_{DJ}) \cdot P_V \cdot L_V$	$= 2,72E-06$
$R_{U(tel)}$	$= (N_L + N_{DJ}) \cdot P_U \cdot L_U$	$= 5,44E-07$
$R_{V(tel)}$	$= (N_L + N_{DJ}) \cdot P_V \cdot L_V$	$= 2,72E-06$

7.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1 = 9,94E-06$ è inferiore di quello tollerato $R_T = 1E-05$, pertanto non si ritiene necessaria l'installazione di dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, al fine della protezione delle persone.

8) CONCLUSIONI

In virtù dei calcoli sopra effettuati in conformità con la NORMA CEI EN 62305-2, si evince che **la STRUTTURA È PROTETTA CONTRO LE FULMINAZIONI**, in quanto il rischio R1 non supera il valore tollerabile.

In forza della legge 1/3/1968 n.186 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.

