



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Finanziamento dell'Unione europea - NextGenerationEU. Intervento finanziato con l'avviso n 48038 del 02/12/2021 del PNRR Missione 4: Istruzione e Ricerca Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alla università Intervento 1.2 "Piano di estensione del tempo pieno e mense".

I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea e della Commissione europea. Né l'Unione europea né la Commissione europea possono essere ritenute responsabili per essi.



COMMITTENTE

COMUNE DI ORNAGO
Provincia di Monza e Brianza

DESCRIZIONE

COSTRUZIONE DELLA NUOVA MENSA SCOLASTICA

PER L'ISTITUTO COMPRENSIVO "ALESSANDRO MANZONI" DI ORNAGO E BURAGO - SEDE DI ORNAGO - PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA - MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA - Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 1.2: " Piano di estensione del tempo pieno e mense"

Progetto Esecutivo

DATA Luglio 2025	TAV. N. RTSA	CONTENUTO TAVOLA Relazione tecnica di calcolo verifica scariche atmosferiche
SCALA A4	REV 01	

RISERVATO AGLI UFFICI	IL COMMITTENTE Comune di Ornago (MB)
-----------------------	---

INCARICATI DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA/CSP

Capogruppo mandataria

KBM ENGINEERING S.R.L.

Società di Ingegneria
Direttore tecnico dott. Ing. Gianfranco Autorino
Ordine Ingegneri di Napoli N° 15756



Mandatario

Ing. Giuseppe Angri

Via Aldo Moro, 13
80035 Nola (NA)
PEC: direzione@pec.studioangri.it
Ordine Ingegneri di Napoli N° 15587



Mandatario

Ing. Luigi Corcione

Via Castellammare, 92
80035 Nola (NA)
PEC: luigi.corcione@ingpec.eu
Ordine Ingegneri di Napoli N° 21312



Mandatario

Ing. Domenico Cassese

Via Masseria Mautone, 89
80034 Marigliano (NA)
PEC: domenico.cassese@ingpec.eu
Ordine Ingegneri Napoli N° 22459



Direzione Lavori

MERONI INGEGNERIA INTEGRATA S.R.L.

Via IV Novembre, 91
23891 Barzanò (LC)
PEC: meroni.srl@pec.it



Impresa esecutrice

DEPAC

Società Cooperativa Sociale ARL
Via Ciro Menotti, 19
20090 Arcore (MB)
pec: depac@legalmail.it

Valutazione del rischio scariche atmosferiche

CEI EN 62305-2

CEI 81-29

(D.Lgs 81/08, art. 29 e art. 84)

Relazione Tecnica

Progetto	Progetto verifica scariche atmosferiche
Descrizione	Progetto verifica scariche atmosferiche
Ubicazione	MI ORNAGO

Committente	PUBBLICA AMM.
Indirizzo	

Data Prima Emissione	2025
Revisione	0
Data revisione	2025

Progettista		Rev.00 Data 2025	
-------------	--	---------------------	--

1. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10): "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali"
- CEI EN 62305-2: "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"
- CEI EN 62305-3: "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"
- CEI EN 62305-4: "Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"
- CEI 0-2: "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- D. Lgs. 81/01 e s.m.i. – Testo unico in materia di igiene e sicurezza sul lavoro
- CEI 81-29: "Linea Guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305"

2. INTRODUZIONE

La valutazione del rischio da scariche atmosferiche è un obbligo a cui sono tenuti ad ottemperare sia i professionisti che si occupano di sicurezza del lavoro sia i progettisti di impianti elettrici.

La valutazione del rischio fulminazione, è documento integrante e indispensabile per una corretta progettazione elettrica nonché contemplato e previsto dalla CEI 0-2 (*Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici*).

Un impianto elettrico, che possa dirsi a regola d'arte, deve tenere conto del rischio fulminazione sin dal suo concepimento, quindi il progettista elettrico è tenuto a valutare il rischio fulminazione e, qualora questo non sia accettabile, ad implementare tutte le misure necessarie.

La linea guida CEI 81-29 in vigore dal 1 Marzo 2014, ha rafforzato tale concetto introducendo, il concetto di Frequenza di danno, quale indice della funzionalità della struttura e dei suoi impianti. Infatti, un'elevata frequenza di danno è indice di impianti che vanno frequentemente fuori servizio a causa di sovratensioni, disservizi che potrebbero essere inaccettabili per la funzionalità e le prestazioni richieste alla struttura e ai suoi impianti.

Pertanto, in fase di progettazione di un impianto elettrico, affinché lo stesso possa definirsi a regola d' arte, deve essere anche valutata la frequenza di Danno.

Nell'ambito della sicurezza sul lavoro la valutazione completa di tutti i rischi a cui sono soggetti i lavoratori, deve contemplare anche l'eventualità di danni a lavoratori derivanti da scarica atmosferica.

Il testo unico della sicurezza sul lavoro D.Lgs. 81/01, all' art. 29 comma 3 recita: *"La valutazione dei rischi deve essere immediatamente rielaborata, nel rispetto delle modalità di cui ai commi 1 e 2, in occasione di modifiche del processo produttivo o della organizzazione del lavoro significative ai fini della salute e sicurezza dei lavoratori, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica, della prevenzione o della protezione o a seguito di infortuni significativi o quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne"*

evidenzino la necessità. A seguito di tale rielaborazione, le misure di prevenzione debbono essere aggiornate. Nelle ipotesi di cui ai periodi che precedono il documento di valutazione dei rischi deve essere rielaborato, nel rispetto delle modalità di cui ai commi 1 e 2, nel termine di trenta giorni dalle rispettive causalità”.

Lo stesso decreto legislativo esplicita, all' articolo 84 che “*Il datore di lavoro provvede affinché gli edifici, gli impianti, le strutture, le attrezzature siano protetti dagli effetti dei fulmini secondo le norme tecniche*”.

Pertanto, il recepimento della normativa CEI EN 62305-2, da considerarsi evoluzione tecnica rispetto alle superate CEI 81-1 e CEI 81-4 (anno 1996), impone al datore di lavoro non solo di ottemperare a tale obbligo, ma anche di considerare superate eventuali precedenti valutazioni.

Tra l'altro, per gli edifici sprovvisti di luogo di lavoro, pur non essendo previsto un obbligo specifico che imponga la valutazione del rischio di fulminazione, da un punto di vista giuridico, al verificarsi di danni a cose e/o persone, potrebbe configurarsi, colpa per imprudenza o mancata diligenza, in capo al responsabile della struttura.

Inoltre, per gli edifici sprovvisti di luogo di lavoro, non vi è un obbligo specifico che impone la valutazione del rischio di fulminazione, tuttavia da un punto giuridico, in capo al responsabile della struttura, potrebbero configurarsi responsabilità, a seguito di danni a cose e/o persone.

Nell'ambito della sicurezza sul lavoro la valutazione del rischi di fulminazione verrà utilizzata dal SPP e Datore di lavoro per l'implementazione del documento di valutazione dei rischi o per attivarsi all'attuazione dei necessari provvedimenti indicati dal tecnico nella valutazione.

Negli ambienti adibiti a luogo di lavoro, il datore di lavoro rimane responsabile della valutazione del rischio di perdita di vita derivante da scariche atmosferiche, pertanto allo scopo di ottemperare a quanto previsto dall' art. 84 del D.Lgs. 81/08 deve provvedere ad incaricare personale competente per procedere con la valutazione.

La valutazione può essere effettuata da professionista in possesso di competenze specialistiche anche se sprovvisto dei requisiti previsti dall'art. 32 del D. Lgs. 81/08.

3. CRITERIO DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

Il metodo per la valutazione del rischio fulminazioni indicato nelle norme CEI EN 62305 prevede la valutazione di quattro differenti tipi di rischio, susseguenti ad un fenomeno di fulminazione che riguardi una struttura (edificio, struttura metallica, ponteggio, ecc).

- ▶ Rischio di perdita o danno permanente della vita umana (R1)
- ▶ Rischio di perdita di servizio pubblico (R2)

- ▶ Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)
- ▶ Rischio di perdita economica (R4)

Le prime tre tipologie di rischio sono a valutazione obbligatoria, in quanto trattano di aspetti soggetti a "pubblica tutela", mentre la quarta è lasciata in facoltà del committente il quale potrebbe giudicare più conveniente correre il rischio, piuttosto che affrontare le spese necessarie per la protezione.

Per le prime tre tipologie, la norma fissa un valore di rischio tollerabile, ossia un valore, al di sotto del quale, è consentito dichiarare che la struttura è "autoprotetta" e non necessita di misure di protezione. Tale valore discende da considerazioni in termini di valutazione costi/benefici, ossia, la norma ritiene che, al di sotto di un certo valore di rischio, l'aumento del costo delle misure di protezione necessario per diminuirlo ulteriormente non sia congruo con il beneficio atteso.

Per la quarta tipologia, invece, la valutazione si basa prettamente sul risparmio medio annuo che potrebbe conseguirsi, ponendo in opera determinate misure di protezione, che riducono le possibili perdite economiche susseguenti a un fenomeno di fulminazione.

Il calcolo dei rischi R_1 , R_2 ed R_3 è obbligatorio allo scopo di verificare, se gli stessi per la struttura in oggetto di studio, sono inferiori ai massimi valori ammessi dalla normativa.

La valutazione del rischio di perdita economica (R_4) non è obbligatoria e a discrezione del committente può essere effettuata sia per scegliere le misure di protezione più adatte alle esigenze del committente sia per valutare la perdita economia in una struttura comunque protetta.

La linea guida CEI 81-29, per stabilire se è opportuno adottare misure di protezione contro il fulmine ai fini di garantire la funzionalità della struttura, suggerisce di confrontare la Frequenza di Danno F_d con quella tollerabile F_t (definito dal gestore in base alle proprie necessità).

Il committente ha comunque facoltà di rinunciare all'installazione delle misure di protezione necessarie per garantire la funzionalità della struttura e dei suoi impianti sollevando il progettista da tale verifica.

4. COMPONENTI DI RISCHIO

Ogni rischio dipende innanzitutto dal numero di eventi pericolosi attesi, ossia dal numero di fulmini che statisticamente possono interessare la struttura.

Tale numero si determina mediante equazioni che, a partire dal numero medio annuo di fulmini nella zona in oggetto, tengono conto anche della conformazione e delle dimensioni della struttura, della sua ubicazione, delle caratteristiche dell'ambiente circostante, delle caratteristiche delle linee elettriche interessate, della presenza di protezioni in genere.

I quattro rischi R_1 , R_2 , R_3 , R_4 introdotti, risultano a loro volta somma di componenti che genericamente possono essere indicate con R_x . Tali componenti rappresentano i rischi parziali dipendenti dalla sorgente e dal tipo di danno.

Ogni componente R_x si riferisce ad un determinato aspetto del rischio, nella cui determinazione entrano in gioco svariati coefficienti che portano in conto diversi aspetti, tra i quali: possibili rischi d'esplosione, presenza di ambienti particolari (ospedali, scuole, musei), tipologia del suolo, livello di rischio incendio, difficoltà d'evacuazione, tipologia di protezioni sia da fulmini (LPS) sia da sovratensioni (SPD), nonché da protezioni antincendio.

Nello specifico, le componenti di rischio R_x , possono essere raggruppate secondo la sorgente di danno ed il tipo di danno nelle seguenti quattro categorie:

1. Componenti di rischio per una struttura dovute alla fulminazione diretta della struttura:
 - o R_A Componente di rischio relativa al danno ad esseri viventi
 - o R_B Componente di rischio relativa al danno materiale
 - o R_C Componente di rischio relativa ai guasti agli impianti interni
2. Componente di rischio per una struttura dovuta alla fulminazione in prossimità della struttura:
 - o R_M Componente di rischio relativa ai guasti degli impianti interni a causa di sovratensioni dovute a fulminazione in prossimità della struttura
3. Componenti di rischio per una struttura dovuta alla fulminazione diretta di una linea connessa alla struttura:
 - o R_U Componente di rischio relativa a danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura, causate dalla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura
 - o R_V Componente di rischio relativa a danni materiali dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso la linea entrante
 - o R_W Componente di rischio relativa al guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura
4. Componente di rischio per una struttura dovuta alla fulminazione in prossimità di una linea connessa alla struttura:
 - o R_Z Componente di rischio relativa al guasto di impianti interni a causa di

sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura

Nel caso in cui si voglia procedere alla valutazione economica, la norma CEI EN 62305-2, oltre al calcolo del relativo rischio economico R_4 , impone il calcolo del risparmio annuo conseguente all'adozione delle misure di protezione, determinando: il valore dell'oggetto da proteggere, il costo dell'evento dannoso senza misure di protezione, il costo residuo dell'evento dannoso nonostante le misure di protezione, il costo totale annuo delle misure di protezione (manutenzione, ammortamento, interessi).

La frequenza di danno è definita dalla guida CEI 81-29 come il numero annuo di volte che un fulmine può causare danni alla struttura (e/o agli impianti da proteggere), considerando tutte le possibili localizzazioni del punto di impatto.

Pertanto, la frequenza di danno si calcola come somma delle cosiddette frequenze parziali di danno F_{S1} F_{S2} F_{S3} F_{S4} , rispettivamente definite come:

F_{S1} *Frequenza di danno per fulmini sulla struttura che comprende:*

- a) Lesioni agli animali per elettrocuzione dovuta alle tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno nelle zone fino a 3 m intorno alle calate (solo per le strutture per cui è prevista la presenza di animali)
- b) Danni materiali all'interno della struttura causati da scariche pericolose che innescano incendi o esplosioni che possono mettere in pericolo anche l'ambiente
- c) Avarie dei sistemi causati dal LEMP (impulso elettromagnetico dovuto al fulmine)

F_{S2} *Frequenza di danno dovuto a fulmini vicino alla struttura che comprende solo l'avaria dei sistemi interni causata dal LEMP*

F_{S3} *Frequenza di danno dovuto a fulmini su linee entranti nella struttura che comprende:*

- a) Lesioni agli animali per elettrocuzione dovuta alle tensioni di contatto all'interno della struttura (solo per le strutture per cui è prevista la presenza di animali)
- b) Danni materiali all'interno della struttura causati da scariche pericolose che innescano incendi o esplosioni che possono mettere in pericolo anche l'ambiente
- c) Avarie dei sistemi causati dal LEMP

F_{S4} *Frequenza di danno dovuto a fulmini vicino a linee entranti nella struttura che comprende solo l'avaria dei sistemi interni causata dal LEMP*

5. STRUTTURA E ZONE

La norma permette di effettuare l'analisi del rischio considerando la struttura come un'unica zona oppure dividendo la struttura in più zone.

Considerare una struttura come un'unica zona, potrebbe portare a misure costose in quanto ciascuna misura dovrebbe essere applicata all'intera struttura. Ciò tuttavia permetterebbe di effettuare una sovrastima del rischio, di modo che se la struttura dovesse risultare già protetta sarebbe possibile concludere che anche effettuando un'analisi più approfondita (suddividendo la struttura in più zone) la stessa risulterebbe comunque protetta.

La suddivisione della struttura in zone permette di prendere in considerazione le principali caratteristiche di ciascuna zona nella valutazione delle componenti di rischio R_x e di individuare per ciascuna zona le misure di protezione più idonee.

Dividendo la struttura in più zone Z_x , il rischio per l'intera struttura è dato dalla somma dei rischi relativi a tutte le zone della struttura stessa; in ogni zona il rischio è la somma delle componenti di rischio nella zona considerata.

La suddivisione della struttura in più zone deve avvenire tenendo in considerazione:

- compartimenti antincendio presenti e/o realizzabili
- eventuali ambienti protetti (es schermati) e le misure di protezione
- il tipo di superficie all'esterno della struttura
- il tipo di pavimentazione
- la destinazione d'uso prevalente
- l'eventuale presenza di situazioni di rischio o panico particolari
- gli impianti e le linee entranti

in modo che le caratteristiche di ogni zona siano le più omogenee possibili.

6. CALCOLO DELLE COMPONENTI DI RISCHIO IN UNA STRUTTURA

Ciascuna delle componenti di rischio R_x , si calcola attraverso la seguente equazione tipica:

$$R_x = N_x P_x L_x$$

dove:

- N_x è il numero di eventi pericolosi susseguenti a un determinato fenomeno di fulminazione
- P_x è la probabilità che si verifichi un certo danno o un guasto
- L_x è la perdita relativa a un danno o guasto

Preliminarmente vanno calcolati i valori di N_x per l'intera struttura, definiti come:

- N_D : numero di eventi pericolosi dovuti a fulmini sulla struttura
- N_M : numero di eventi pericolosi dovuti a fulmini in prossimità della struttura
- N_L : numero di eventi pericolosi dovuti a fulmini sul servizio
- N_I : numero di eventi pericolosi dovuti a fulmini in prossimità di un servizio
- N_{DJ} : numero di eventi pericolosi dovuti a fulmini sulla struttura adiacente

Il numero di eventi pericolosi attesi per l'intera struttura oggetto della valutazione da effettuare è strettamente legato al calcolo delle aree di raccolta A_D , A_M , A_L , A_I , A_{DJ} definite come:

- A_D : area di raccolta fulmini sulla struttura
- A_M : area di raccolta fulmini in prossimità della struttura
- A_L : area di raccolta fulmini sulla linea entrante
- A_I : area di raccolta fulmini in prossimità della linea entrante
- A_{DJ} : area di raccolta fulmini della struttura adiacente isolata

Per ciascuna zona in cui si è suddivisa la struttura, occorre calcolare le probabilità P_x definite come:

- P_A probabilità di danno esseri viventi a causa di fulmini sulla struttura per elettrrocuzione
- P_B probabilità di danno materiale a causa di fulmini sulla struttura
- P_C probabilità di guasto agli impianti interni a causa di fulmini sulla struttura
- P_M probabilità di guasto agli impianti interni a causa di fulmini in prossimità della struttura
- P_U probabilità di danno ad esseri viventi per elettrrocuzione a causa di fulmini sul servizio connesso
- P_V probabilità di danno materiale a causa di fulmini su una linea
- P_W probabilità di guasti ad impianti interni a causa di fulmini su una linea
- P_Z probabilità di guasto ad impianti interni a causa di fulmini in prossimità di una linea

e le perdite L_x pari a:

- L_A perdita per danno a esseri viventi a causa di fulmini sulla struttura per elettrrocuzione
- L_B perdita per danno materiale a causa di fulmini sulla struttura
- L_C perdita per guasto agli impianti interni a causa di fulmini sulla struttura
- L_M perdita per guasto agli impianti interni a causa di fulmini in prossimità della struttura
- L_U perdita per danno ad esseri viventi per elettrrocuzione a causa di fulmini sul servizio connesso
- L_V perdita per danno materiale a causa di fulmini su una linea
- L_W perdita per guasto ad impianti interni a causa di fulmini su una linea
- L_Z perdita per guasto ad impianti interni a causa di fulmini in prossimità di una linea

Per il calcolo delle perdite L_x , occorre individuare per ciascuna zona e per ciascuna di esse, le componenti:

- L_T (perdita media dovuta ad elettrrocuzione)
- L_F (perdita media dovuta a danno materiale)
- L_O (perdita media dovuta a guasti degli impianti interni di una struttura)

Tali valori sono tabellati in normativa a seconda del tipo di struttura, servizio, contesto ed a secondo del tipo di perdita che si sta calcolando.

In alternativa, la norma consente che le componenti L_x possano essere calcolate in base a specifiche valutazioni elaborate dal progettista.

Analogamente, ciascuna delle frequenze parziali di danno si calcola attraverso l'equazione generica:

$$F_x = N_x P_x$$

dove:

- N_x è il numero di eventi pericolosi annui
- P_x è la probabilità di danno alla struttura

7. DATI DI PROGETTO

7.1. Densità annua di fulmini a terra

In base al dato fornito dal CEI, in corrispondenza delle coordinate geografiche del sito in oggetto della presente valutazione, MI ORNAGO, la densità di fulmini è pari a $N_G = 4$ fulmini/(km² anno).

7.2. Struttura oggetto dell'analisi

Come indicato dalla norma CEI EN 62305-2 al p.to 5.2, per struttura si intende l'insieme dell'edificio e di tutte le sue dotazioni.

Nello specifico il termine struttura include:

- La struttura stessa intesa come edificio, il contesto, l'ubicazione
- Gli impianti interni alla struttura
- Il contenuto stesso dell' edificio
- La presenza di persone nella struttura e nella fascia fino a 3 metri all'esterno della stessa
- Le caratteristiche dell' ambiente circostante interessate da un eventuale danno
- Le caratteristiche delle attività svolte e di particolari situazioni di contesto (difficoltà evacuazione, rischio incendio, pericoli esplosioni)
- La presenza di protezioni (sugli impianti, antincendio, dotazioni della struttura)

Tali dati rappresentano gli input indispensabili per poter procedere alla valutazione delle componenti di rischio e del rischio.

Si riportano nei paragrafi successivi i dati relativi alla struttura oggetto della valutazione.

Descrizione della struttura

Mensa Scolastica

Nel seguito una descrizione degli elementi di protezione già presenti prima della valutazione.

Nessuna

Geometria della struttura

Dimensioni L x W x H (m): 28 x 25,5 x 4,24

Posizione: *Struttura ubicata in area con presenza di strutture(o alberi)di altezza uguale o maggiore*

Protezioni previste nel progetto

Schermatura struttura esterna: *Nessuna*

7.3. Linee elettriche

Dati linee elettriche entranti nella struttura

L1) Montante elettrica

Tipo: *Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale*

Installazione: *Aerea energia - schermata*

Lunghezza (m): *1000*

Contesto Linea: *Urbano (edifici di altezza compresa tra 10 m e 20 m)*

Tipo di Schermo: *Nessuno Schermo*

SPD installato ad arrivo linea: *Sistema SPD LPL I*

Struttura adiacente a cui la linea è connessa

Ubicazione: *Non Definita*

L2) Montante elettronica

Tipo: *Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale*

Installazione: *Aerea TLC - schermata*

Lunghezza (m): *1000*

Contesto Linea: *Urbano (edifici di altezza compresa tra 10 m e 20 m)*

Tipo di Schermo: *Nessuno Schermo*

SPD installato ad arrivo linea: *Sistema SPD LPL I*

Struttura adiacente a cui la linea è connessa

Ubicazione: *Non Definita*

7.4. Zone

La struttura in esame è stata analizzata quale unica zona. In presenza di più opzioni per un singolo parametro (ad es. se presenti due tipi di pavimentazione differenti) si è orientata la scelta verso il parametro che implica la situazione più gravosa. In questo modo le componenti di rischio per le diverse zone non vengono mai sottostimate, orientando la valutazione del rischio a favore della sicurezza.

Nei paragrafi che seguono sono riportati le principali caratteristiche rilevate ed utilizzate come dati di ingresso per il calcolo dei parametri delle componenti di rischio.

Dati relativi alle zone di progetto

Z1) Mensa Scolastica

Tipologia di Suolo: *Ceramica*

Misure di Protezione: *Nessuna misura di protezione*

Caratteristiche particolari della zona: *Nessuna*

Misure antincendio: *Idranti*

Schermatura interna: *Nessuna*

Rischio perdite per incendio/esplosione: *Incendio:Ordinario*

Condizioni particolari di pericolo: *Panico medio*

Caratteristiche impianti della zona

8. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA E DEL NUMERO ANNUO DI EVENTI PERICOLOSI

Calcolo numero medio annuo di eventi pericolosi per fulminazione diretta sulla Struttura Principale

Il numero annuo di eventi pericolosi per la struttura N_D è calcolato tramite la formula

$$N_D = N_G A_D C_D 10^{-6},$$

dove

- N_G è la densità dei fulmini, ossia il numero medio di fulmini che cadono annualmente in una superficie di 1 km^2 ; tale valore statistico è correlato, mediante tabelle di Norma, alla località.

In questo caso, trattasi del comune di MI ORNAGO con densità fulmini pari a 4

- A_D è l'area di raccolta; l'area di raccolta può essere calcolata per via grafica o analitica.

La valutazione delle aree di raccolta della struttura è stata condotta in modo analitico, mediante il procedimento illustrato nella norma CEI EN 62305-2.

Tenendo conto che la struttura ha una forma regolare, senza elevate protusioni, va applicata la formula

$$A_D = L W + 6 H (L+W) + 9 \pi H^2 \quad (L: \text{lunghezza}; W: \text{larghezza}; H: \text{altezza})$$

- C_D è il coefficiente di ubicazione; nel caso in esame, trattandosi di "Struttura ubicata in area con presenza di strutture(o alberi)di altezza uguale o maggiore" risulta $C_D = 0,25$

Risulta $A_D = 2,58E+003 \text{ m}^2$

$N_D = 2,58E-003 \text{ (1/anno)}$

Calcolo numero medio annuo di eventi pericolosi per fulmini in prossimità della Struttura Principale

La valutazione delle aree di raccolta della struttura è stata condotta in modo analitico, mediante il procedimento illustrato nella norma CEI EN 62305-2.

$$A_M = 2 \times 350(L+W) + \pi 350^2$$

Il numero annuo di eventi pericolosi in prossimità della struttura si calcola tramite la seguente

$$N_M = N_G A_M 10^{-6}$$

Nel progetto in esame $A_M = 4,22E+005 \text{ m}^2$

$N_M = 1,69E+000 \text{ (1/anno)}$

Calcolo numero medio annuo di eventi pericolosi per fulmini sulle linee connesse alla Struttura Principale

Il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini su una linea N_L è dato dalla

$$N_L = N_G A_L C_I C_E C_T 10^{-6}$$

- A_L è l'area di raccolta della linea pari a

$$A_L = 40 L_L, \text{ dove } L_L \text{ è la lunghezza della linea}$$

- C_I è il coefficiente di installazione
- C_E è il coefficiente ambientale

- C_T è il coefficiente tipo di linea

Calcolo numero medio annuo di eventi pericolosi per fulmini in prossimità di una linea entrante nella Struttura Principale

Il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini in prossimità di una linea N_I è dato dalla

$$N_I = N_G A_I C_I C_E C_T 10^{-6}$$

- A_I è l'area di raccolta dei fulmini al suolo in prossimità della linea pari a

$$A_I = 4000 L_L, \text{ dove } L_L \text{ è la lunghezza della linea}$$

- C_I è il coefficiente di installazione
- C_E è il coefficiente ambientale
- C_T è il coefficiente tipo di linea

Calcolo numero medio annuo di eventi pericolosi per fulmini sulla Struttura Adiacente

Il numero di eventi pericolosi per la struttura adiacente N_{DJ} (estremità 'a' di un servizio) è pari a

$$N_{DJ} = N_G A_{DJ} C_{DJ} C_T 10^{-6}, \text{ dove}$$

- $A_{DJ} = L_a W_a + 6 H_a (L_a + W_a) + 9 \pi H_a^2$ riferita alle dimensioni L_a W_a H_a della struttura adiacente (altrimenti imputata direttamente o calcolata con metodo grafico)
- C_{DJ} coefficiente di posizione della struttura adiacente.

Nel seguito il calcolo relativo alle linee presenti nel progetto.

Linea L1 - Montante elettrica, Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale

- $L_L = 1E+03 \text{ m}$
- C_I trattandosi di "Linea Aerea" risulta $C_I = 1$
- C_E trattandosi di "Urbano (edifici di altezza compresa tra 10 m e 20 m)" risulta $C_E = 0,1$
- C_T trattandosi di "Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale" risulta $C_T = 1$

$$A_L = 4E+04 \text{ m}^2$$

$$N_L = 1,60E-002$$

$$A_I = 4E+06 \text{ m}^2$$

$N_I = 1,60E+000$

Linea L2 - Montante elettronica, Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale

- $L_L = 1E+03$ m
- C_I trattandosi di "Linea Aerea" risulta $C_I = 1$
- C_E trattandosi di "Urbano (edifici di altezza compresa tra 10 m e 20 m)" risulta $C_E = 0,1$
- C_T trattandosi di "Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale" risulta $C_T = 1$

$A_L = 4E+04$ m²

$N_L = 1,60E-002$

$A_I = 4E+06$ m²

$N_I = 1,60E+000$

9. VALUTAZIONE DELL'AMMONTARE DELLE PERDITE

9.1. Perdita di vite umane (PV)

Zona Z1 - Mensa Scolastica

Valutazione Perdita Vite umane

$$L_A = r_t \times L_T \times (n_z / n_t) (t_z / 8760) = 1,00E-005$$

$$L_U = r_t \times L_T \times (n_z / n_t) (t_z / 8760) = 1,00E-005$$

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times (n_z / n_t) (t_z / 8760) = 2,50E-004$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times (n_z / n_t) (t_z / 8760) = 3,00E+000$$

La componente Danno Esseri Viventi tabellata nella normativa utilizzata è:

- $L_T = 1,00E-002$, Valore Norma: Tutti i tipi

La componente Danno Materiale tabellata nella normativa utilizzata è:

- $L_F = 1,00E-002$, Valore Norma: Scuole

La componente Guasto Impianti tabellata nella normativa utilizzata è:

- $L_O = 3,00E+000$, Val Norma: Nessuna perdita

• r_t è un coefficiente di riduzione della perdita correlato al tipo di terreno o pavimentazione

• r_p è il coefficiente di riduzione della perdita, correlato alle misure antincendio

• r_f è il coefficiente di riduzione della perdita dovuta a danno materiale correlato al rischio di incendio della zona

• h_z è il coefficiente di incremento della perdita dovuta a danno materiale per presenza di condizioni di pericolo particolari

• n_z numero delle persone nella zona, $n_z = 300$

• n_t numero totale atteso di persone nella struttura, $n_t = 300$

• t_z tempo di permanenza delle persone nella zona (ore/anno), $t_z = 8760$

Il danno non è estensibile alle strutture circostanti.

10. VALUTAZIONE DELLE COMPONENTI DI RISCHIO

Nel seguito L1) indica la componente di rischio relativa alla perdita di vite umane

L2) indica la componente di rischio relativa alla perdita di servizio pubblico

L3) indica la componente di rischio relativa alla perdita di patrimonio culturale insostituibile

L4) indica la componente di rischio relativa alla perdita economica.

R_A Componente di rischio relativa al danno ad esseri viventi per elettrrocuzione

$$L1) \quad R_A = N_D P_A L_A = N_D P_A r_t L_T n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L4) \quad R_A = N_D P_A L_A = N_D P_A r_t L_T c_a / c_t$$

dove:

- $P_A = P_{TA} P_B$
- N_D è il numero annuo di eventi pericolosi per la struttura
- P_A la probabilità che un fulmine provochi danni per tensioni di contatto e passo e dipende dalle misure poste in essere per l'equipotenzialità
- P_{TA} è legato alle misure di protezione addizionali contro le tensioni di contatto e passo
- P_B è legato al livello di protezione con cui è progettato l'LPS in conformità alla CEI EN 62305-3
- L_A è la perdita per danno a esseri viventi dovuta a elettrrocuzione causata da fulmine sulla struttura
- r_t è un coefficiente di riduzione della perdita correlato al tipo di pavimentazione
- L_T è la percentuale media di vittime per elettrrocuzione

Zona	Misure	P_{TA}	LPS	P_B	P_A	Tipologia di suolo	r_t	L_A PV	L_A PE	R_A PV	R_A PE
Z1 Mensa Scolastica		1	Struttura non protetta con LPS		1	Ceramica	0,001	1E-05	0	2,58E-08	0

R_B Componente di rischio relativa al danno materiale

$$L1) \quad R_B = N_D P_B L_B = N_D P_B r_p r_f h_z L_F n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L2) \quad R_B = N_D P_B L_B = N_D P_B r_p r_f L_F n_z / n_t$$

$$L3) R_B = N_D P_B L_B = N_D P_B r_p r_f L_F c_z / c_t$$

$$L4) R_B = N_D P_B L_B = N_D P_B r_p r_f L_F (c_a + b + c_c + c_s) / c_t$$

(h_z per le componenti di rischio PS-perdite di servizi e PC-perdite di patrimonio culturale è assunta pari a 1)

dove:

- N_D è il numero annuo di eventi pericolosi per la struttura, già calcolato
- P_B è la probabilità che un fulmine sulla struttura provochi un danno materiale; essa dipende dal sistema LPS (Lightning Protection System sistema di protezione da fulmini). Gli LPS sono classificati nelle classi I, II, III e IV a seconda del livello di protezione LPL che assicurano.

Per individuare la classe di LPS fare riferimento ai valori in tabella

Tabella valori classe LPS		
Classe	Lato maglia (m)	Distanze tra calate (m)
I	5	10
II	10	10
III	15	15
IV	20	20

- L_B è la perdita per danno materiale causata da fulmine sulla struttura
- r_p è il coefficiente di riduzione della perdita, correlato alle misure antincendio
- h_z è il coefficiente di incremento della perdita dovuta a danno materiale per presenza di condizioni di pericolo particolare
- r_f è il coefficiente di riduzione della perdita dovuta a danno materiale correlato al rischio di incendio o esplosione della zona
- L_F è la percentuale media di vittime per danno materiale

Zona	Tipologia LPS	P_B	Misure Antincendio	r_p	Condizioni di pericolo particolari	h_z	Rischio incendio	r_f
Z1 Mensa Scolastica	Struttura non protetta con LPS	1	-Idranti	0,5	Panico medio	5	Incendio:Ordinario	0,01
Zona	L_B PV	L_B PS	L_B PC	L_B PE	R_B PV	R_B PS	R_B PC	R_B PE
Z1 Mensa Scolastica	0,00025	0	0	0	6,45E-07	0	0	0

R_C Componente di rischio relativa ai guasti agli impianti interni

$$L1) R_C = N_D P_C L_C = N_D P_C L_O n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L2) R_C = N_D P_C L_C = N_D P_C L_O n_z / n_t$$

$$L4) R_C = N_D P_C L_C = N_D P_C L_O c_s / c_t$$

dove:

- N_D è il numero annuo di eventi pericolosi per la struttura, già calcolato
- P_C è la probabilità che un fulmine sulla struttura guasti negli impianti interni; essa dipende dalla presenza e dal LPL per cui sono progettati gli SPD

$$P_C = P_{SPD} C_{LD}$$

- P_{SPD} dipende dal LPL relativo al sistema SPD installato. In caso di sistema SPD non conforme ai requisiti della CEI EN 62305-4 si considera $P_{SPD} = 1$
- C_{LD} dipende dal tipo di schermatura e messa a terra tra linea ed impianto

Poichè P_C dipende dalle caratteristiche di ciascun impianto, vi sono N_{zi} valori di P_C per gli N_{zi} impianti nella zona Z_i .

Il valore P_{Czi} relativo alla zona Z_i è pari a $P_{Czi} = 1 - (1 - P_{C1})(1 - P_{C2}) \dots$.

- L_C è la perdita per guasti agli impianti interni per effetto di fulmini sulla struttura
- L_O è la percentuale media di vittime per guasto agli impianti interni

Zona	P_C zona	L_C PV	L_C PS	L_C PE	R_C PV	R_C PS	R_C PE
Z1 Mensa Scolastica	0	3	0	0	0	0	0

R_M Componente di rischio relativa ai guasti degli impianti interni a causa di sovratensioni dovute a fulminazione in prossimità della struttura

$$L1) R_M = N_M P_M L_M = N_M P_M L_O n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L2) R_M = N_M P_M L_M = N_M P_M L_O n_z / n_t$$

$$L4) R_M = N_M P_M L_M = N_M P_M L_O c_s / c_t$$

dove:

- N_M è il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini in prossimità della struttura

- P_M è la probabilità che un fulmine in prossimità di una struttura provochi guasti negli impianti interni.

Tale probabilità dipende dalle misure di protezione installate ed è legato alla probabilità P_{MS} legato alle misure di protezione installate.

Si ha:

$P_M = P_{MS}$ (protezione attuata con sistema SPD che non soddisfa i requisiti della CEI EN 62305-4) o

$P_M = P_{SPD} \times P_{MS}$ (protezione attuata con sistema SPD che soddisfa i requisiti della CEI EN 62305-4)

P_{SPD} dipende dal LPL del sistema SPD installato.

LPL	P_{SPD}
SPD assente	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
SPD migliori	0,005-0,001

$$P_{MS} = (K_{S1} K_{S2} K_{S3} K_{S4})^2$$

- K_{S1} è un coefficiente relativo all'efficacia della schermatura offerta dalla struttura da LPS o altri schermi esterni

Definito w il lato (in m) di magliatura di uno schermo a maglia o delle calate interconnesse di un LPS a maglia (o nel caso di LPS naturale, la spaziatura tra le colonne metalliche o tra le strutture in calcestruzzo armato), sarà

$$K_{S1} = 0,12 w \text{ (distanza di sicurezza pari almeno a } w)$$

oppure

$$K_{S1} = 0,24 w \text{ (distanza di sicurezza è compresa tra } 0,1 \text{ we } 0,2 w)$$

- K_{S2} è un coefficiente relativo all'efficacia della schermatura offerta dagli schermi interni alla struttura

Definito w il lato (in m) di magliatura di uno schermo a maglia o delle calate interconnesse di un LPS a maglia (o nel caso di LPS naturale, la spaziatura tra le colonne metalliche o tra le strutture in calcestruzzo armato), sarà

$$K_{S2} = 0,12 w \text{ (distanza di sicurezza pari almeno a } w)$$

oppure

$$K_{S2} = 0,24 \text{ w} \text{ (distanza di sicurezza è compresa tra 0,1 we 0,2 w)}$$

Nel caso, vi sia una rete di equipotenzializzazione magliata conforme ai requisiti della CEI EN 62305-4, i due coefficienti K_{S1} e K_{S2} possono essere dimezzati.

- K_{S3} è un coefficiente correlato alle caratteristiche del cablaggio dell'impianto interno
- K_{S4} è un coefficiente correlato alla più bassa tensione di tenuta all'impulso U_w tra gli apparati dell'impianto da proteggere: $K_{S4} = 1/U_w$
- L_M è la perdita per guasto agli impianti interni per effetto di fulminazione in prossimità della struttura.

Poichè P_M dipende dal tipo di schermo installato in ciascuna zona e dalle caratteristiche degli impianti della zona, vi sono N_{zi} valori di P_M per gli N_{zi} impianti definiti nella zona Z_i .

Il valore P_{Mzi} relativo alla zona Z_i è pari a $P_{Mzi} = 1 - (1 - P_{M1})(1 - P_{M2}) \dots$.

Zona	Efficacia Schermatura Esterna		K_{S1}	Efficacia Schermatura Interna		K_{S2}	L_M PV	L_M PS	L_M PE	
Z1 Mensa Scolastica	Assente			1	Assente		1	3	0	0
Zona										
Z1 Mensa Scolastica	0	0	0	0						

Ru Componente di rischio relativa a danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura, causate dalla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura

$$L1) Ru = (N_L + N_{DJ}) P_U L_U = (N_L + N_{DJ}) P_U r_t L_T n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L4) Ru = (N_L + N_{DJ}) P_U L_U = (N_L + N_{DJ}) P_U r_t L_T c_a / c_t$$

dove:

- N_L è il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini su servizio
- N_{DJ} è il numero di eventi pericolosi per la struttura adiacente (estremità 'a' di un servizio)

Linea	Tipologia	A_l (m ²)	N_l (1/anno)	A_{DJ} (m ²)	N_{DJ} (1/anno)
L1 Montante elettrica	Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale	4E+04	0,016	0	0
Linea	Tipologia	A_l (m ²)	N_l (1/anno)	A_{DJ} (m ²)	N_{DJ} (1/anno)
L2 Montante elettronica	Linea di energia BT, telecomunicazione, segnale	4E+04	0,016	0	0

- P_u è la probabilità di danno ad essere vivente, per elettrocuzione, a causa di fulminazione sul servizio connesso.

$$P_u = P_{TU} P_{EB} P_{LD} C_{LD}$$

Tale probabilità dipende dalle caratteristiche della schermatura del servizio, dalla tensione di tenuta ad impulso degli impianti interni connessi ai servizi, dalle misure tipiche di protezione (interdizione fisica, cartelli monitori, ecc) e dagli SPD installati all'ingresso del servizio.

(per servizi privi di schermo, si assume $P_{LD} = 1$)

- P_{TU} è un coefficiente di riduzione che tiene conto di misure di protezione quali barriere, cartelli monitori, ecc.
- P_{EB} è un valore di probabilità in funzione del LPL per cui sono progettati gli SPD
- P_{LD} è la probabilità di guasto agli impianti interni per fulmini sulla linea

Detti U_w la tensione di tenuta all'impulso degli apparati connessi all'impianto (la più bassa nel caso di differenti valori) e R_s la resistenza dello schermo, dalla tabella seguente si ricava il valore di P_{LD} .

Tipo di linea	Tipo di linea, schermo e connessione	U _w in kV				
		1	1,5	2,5	4	6
Linee di energia o di telecomunicazione	Linea aerea o interrata, non schermata o con schermo non connesso alla stessa barra degli apparati	1	1	1	1	1
	Linea schermata o interrata con schermo connesso alla stessa barra degli apparati	5 < $R_s \leq 20$	1	1	0,95	0,9
		1 < $R_s \leq 5$	0,9	0,8	0,6	0,3
		$R_s \leq 1$	0,6	0,4	0,2	0,04
						0,02

- C_{LD} è un coefficiente legato al tipo schermatura
- L_u è la perdita per danni a esseri viventi per elettrocuzione causata da fulmine sulla linea
- r_t è un coefficiente di riduzione della perdita correlato al tipo di terreno o pavimentazione

Zona	Tipo di pavimentazione	r_t	$L_U PV$	$L_U PE$
Z1 Mensa Scolastica	Ceramica	0,001	1E-05	0

- (0) Nessun Sistema SPD
- (1) Sistema SPD che NON soddisfa i requisiti della CEI EN 62305-4
- (2) Sistema SPD che soddisfa i requisiti della CEI EN 62305-4

R_V Componente di rischio relativa al danno materiale (incendio o esplosioni) alla struttura dovuta a corrente di fulmine trasmessa attraverso il servizio entrante

$$L1) R_V = (N_L + N_{DJ}) P_V L_V = (N_L + N_{DJ}) P_V r_p r_f h_z L_F n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L2) R_V = (N_L + N_{DJ}) P_V L_V = (N_L + N_{DJ}) P_V r_p r_f L_F n_z / n_t$$

$$L3) R_V = (N_L + N_{DJ}) P_V L_V = (N_L + N_{DJ}) P_V r_p r_f L_F c_z / c_t$$

$$L4) R_V = (N_L + N_{DJ}) P_V L_V = (N_L + N_{DJ}) P_V r_p r_f L_F (c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t$$

dove:

- N_L è il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini su servizio
- N_{DJ} è il numero di eventi pericolosi per la struttura adiacente (estremità 'a' di un servizio)
- P_V è la probabilità di danno materiale nella struttura a causa di fulminazione sul servizio connesso.

La norma assume che $P_V = P_{EB} P_{LD} C_{LD}$

- L_V è la perdita per danno materiale in una struttura causata da fulmine sulla linea
- r_p è il coefficiente di riduzione della perdita, correlato alle misure antincendio
- r_f è il coefficiente di riduzione della perdita dovuta a danno materiale correlato al rischio di incendio o esplosione della zona
- h_z è il coefficiente di incremento della perdita dovuta a danno materiale per presenza di condizioni di pericolo particolari

Zona	Misure antincendio	r_p	Condizioni particolari di pericolo	h_z	Rischio incendio	r_f	$L_F PV$	$L_F PS$	$L_F PC$	$L_F PE$
Z1 Mensa Scolastica	Idranti	0,5	Panico medio	5	Incendio: Ordinario	0,01	0,00025	0	0	0

R_w Componente di rischio relativa al guasto di impianti interni causato da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura per fulminazioni sul servizio connesso alla struttura

$$L1) R_w = (N_L + N_{DJ}) P_w L_w = (N_L + N_{DJ}) P_w L_o n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L2) R_w = (N_L + N_{DJ}) P_w L_w = (N_L + N_{DJ}) P_w L_o n_z / n_t$$

$$L4) R_w = (N_L + N_{DJ}) P_w L_w = (N_L + N_{DJ}) P_w L_o c_s / c_t$$

dove:

- P_w è la probabilità che un fulmine su un servizio entrante nella struttura produca guasti agli impianti interni; la norma assume

$$P_w = P_{SPD} P_{LD} C_{LD}$$

- L_w è la perdita dovuta a guasti agli impianti interni per effetto di fulminazione sulla linea

Zona	L _w PV	L _w PS	L _w PE
Z1 Mensa Scolastica	3	0	0

R_z Componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura, per fulminazioni in prossimità del servizio connesso alla struttura

$$L1) R_z = N_l P_z L_z = N_l P_z L_o n_z / n_t t_z / 8760$$

$$L2) R_z = N_l P_z L_z = N_l P_z L_o n_z / n_t$$

$$L4) R_z = N_l P_z L_z = N_l P_z L_o c_s / c_t$$

dove:

- N_l è il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini in prossimità del servizio

Nel caso di struttura con più linee connesse, come quella in esame, il calcolo verrà ripetuto per ciascuna linea.

- P_z è la probabilità che un fulmine in prossimità di una linea causi guasti agli impianti interni

$$P_z = P_{SPD} P_{LI} C_{LI}$$

- P_{LI} è la probabilità di guasto agli impianti interni per fulmini in prossimità della linea

Detta U_w la tensione di tenuta all'impulso degli apparati connessi all'impianto (la più bassa nel caso di differenti valori), dalla tabella seguente si ricava il valore di P_{LI} .

Tipo di linea	U _w in kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Linee di energia	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Linea di telecomunicazione	1	0,5	0,2	0,08	0,04

- C_{LI} è un coefficiente legato al tipo schermatura

Zona	L _z PV	L _z PS	L _z PE
Z1 - Mensa Scolastica	3	0	0

11. CALCOLO DELLE FREQUENZE DI DANNO

Per ciascuna zona è necessario calcolare le componenti della frequenza di danno F_{S1} , F_{S2} , F_{S3} , F_{S4} .

F_{S1} Frequenza parziale di danno dovuta a fulmini sulla struttura

$$F_{S1} = N_D [1 - (1 - P_A) (1 - P_B) (1 - P_C)]$$

dove:

- N_D è il numero annuo di eventi pericolosi per la struttura (già calcolato in precedenza)
- P_A (FD) la probabilità che un fulmine provochi danni per tensioni di contatto e passo

Concettualmente, è analoga alla P_A già calcolata in precedenza, ma relativamente al calcolo della frequenza di danno, la guida CEI 81-29 ne combina il calcolo con i coefficienti r_T e r_F ; per cui risulta $P_A = r_T P_{TA} r_F P_B$

- P_B è la probabilità che un fulmine sulla struttura provochi un danno materiale (già calcolata in precedenza)
- P_C è la probabilità che un fulmine sulla struttura provochi guasti negli impianti interni

F_{S2} Frequenza parziale di danno dovuta a fulmini in prossimità della struttura

$$F_{S2} = N_M P_M$$

dove:

- N_M è il numero annuo di eventi pericolosi in prossimità della struttura, già calcolato in specifica sezione della presente ($N_M = N_G A_m 10^{-6}$)
- P_M è la probabilità che un fulmine in prossimità di una struttura provochi guasti negli impianti interni (già calcolata in precedenza)

F_{S3} Frequenza parziale di danno dovuta a fulmini su linee entranti nella struttura

$$F_{S3} = (N_L + N_{DJ}) [1 - (1 - P_U) (1 - P_V) (1 - P_W)]$$

dove:

- N_L è il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini su servizio, già calcolato
- N_{DJ} è il numero di eventi pericolosi per la struttura adiacente (estremità 'a' di un servizio)

- P_u (FD) è la probabilità di danno ad essere vivente, per elettrocuzione, a causa di fulminazione sul servizio connesso. Analoga alla P_u calcolata in precedenza, ma relativamente al calcolo della frequenza di danno, la guida CEI 81-29 ne combina il calcolo con i coefficienti r_T e r_F .

$$\text{In definitiva } P_u \text{ (FD)} = r_T P_{Tu} r_F P_{EB} P_{LD} C_{LD}$$

- P_v è la probabilità di danno materiale nella struttura a causa di fulminazione sul servizio connesso
- P_w è la probabilità che un fulmine su un servizio entrante nella struttura produca guasti agli impianti interni già calcolata.

F_{S4} Frequenza parziale di danno dovuta a fulmini in prossimità di linee entranti nella struttura

$$F_{S4} = N_l P_z$$

dove:

- N_l è il numero annuo di eventi pericolosi dovuti a fulmini in prossimità del servizio, già calcolato
- P_z è la probabilità che un fulmine in prossimità di una linea causi guasti agli impianti interni.

Zona	F_{S1}	F_{S2}
Z1 - Mensa Scolastica	2,58E-05	0

Il valore delle frequenza di danno è stato posto uguale a 0,1 in accordo con quanto consigliato dalla CEI 81-29.

Confrontati con il valore di frequenza di danno tollerabile, in merito alla frequenza di danno complessiva, si conclude quanto segue:

$$F_d = 0,000 \leq F_T = 0,100$$

Il livello di frequenza di danno è tollerabile.

L'analisi relativa a ciascuna zona è riportata in appendice.

12. ESITO DELLA VALUTAZIONE DEI RISCHI

Calcolate tutte le componenti di rischio, è agevole ricavare i valori dei rischi Rx secondo le seguenti formule.

$R1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1} = 6,71E-07$ (componenti di rischio Perdita Vite Umane)

Ove le varie R_{xi} sono le somme delle componenti per ciascuna zona (nel caso di componenti A, B, C, M) e per ciascun impianto (nel caso di componenti U, V, W, Z).

$R_{Ax} = R_{Ax1} + R_{Ax2} + R_{Ax3}$ (1, 2 , i sono le zone i-esime)

$R_{Bx} = R_{Bx1} + R_{Bx2} + R_{Bx3}$ (1, 2 , i sono le zone i-esime)

$R_{Cx} = R_{Cx1} + R_{Cx2} + R_{Cx3}$ (1, 2 , i sono le zone i-esime)

$R_{Mx} = R_{Mx1} + R_{Mx2} + R_{Ax3}$ (1, 2 , i sono le zone i-esime)

$R_{Ux} = R_{Ux11} + R_{Ux21} + R_{Uxij}$ (11, 21 , ij sono le zone i-esime, impianto j-esimo)

$R_{Vx} = R_{Vx11} + R_{Vx21} + R_{Vxij}$ (11, 21 , ij sono le zone i-esime, impianto j-esimo)

$R_{Wx} = R_{Wx11} + R_{Wx21} + R_{Wxij}$ (11, 21 , ij sono le zone i-esime, impianto j-esimo)

$R_{Zx} = R_{Zx11} + R_{Zx21} + R_{Zxij}$ (11, 21 , ij sono le zone i-esime, impianto j-esimo)

Confrontati gli stessi con i valori di rischio tollerabile, si conclude quanto segue

$R1 = 6,71E-007 \leq R_{T1} = 1E-05$

Il rischio di perdita di vite umane è tollerabile.

SECONDO LE NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO DEL CEI LA STRUTTURA E' PROTETTA CONTRO LE FULMINAZIONI, OSSIA NON E' NECESSARIA L'INSTALLAZIONE DI MISURE DI PROTEZIONE AGGIUNTIVE RISPETTO A QUELLE EVENTUALMENTE PRESENTI.

Si allega in appendice tabella riepilogativa di tutte le componenti di rischio valutate e raggruppate per:

- Tipo di rischio valutato (R1,R2,R3,R4)
- Zona
- Impianto

Appendice A - TABELLE DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

Rischio Perdita Vita Umane				
RA-1	2.58E-008			
RB-1	6.45E-007			
RC-1	0.00E+000			
RM-1	0.00E+000			
RU-1	0.00E+000			
RV-1	0.00E+000			
RW-1	0.00E+000			
RZ-1	0.00E+000			
R1 1	6.71E-007			
	R1	6.71E-007	R1 lim	1.00E-005
		Struttura protetta		

Appendice B - TABELLA DI VALUTAZIONE DELLA FREQUENZA DI DANNO

Componenti Frequenza di Danno				
Fs				
Fs1-1	2,58E-005			
Fs2-1	0,00E+000			
Fs3-1	0,00E+000			
Fs4-1	0,00E+000			
Fd 1	2,58E-005	Ft	1,00E-001	
	Fd accettabile			