

VALUTAZIONE RISCHIO FULMINAZIONE

Definizioni, glossario, metodologia di analisi dei rischi, verifica scariche atmosferiche

CEI EN 62305-2



NOTA

AGGIORNAMENTI del FILE

Si informano i lettori che questa guida potrebbe subire nel corso del tempo **modifiche ed aggiornamenti**.

Gli aggiornamenti saranno pubblicati nella pagina di BibLus-net che ospita l'articolo.

Si invita quindi il lettore a verificare la disponibilità di nuove release o edizioni di questo documento al seguente link:

Il numero di Edizione e revisione è riportato sulla copertina del documento, unitamente alla data di pubblicazione.

Introduzione

Cosa sono i fulmini

Il fulmine è un fenomeno legato all'elettricità atmosferica e consiste in una scarica elettrica che si genera fra due corpi con una elevata differenza di potenziale elettrico.

I fulmini generalmente osservati sono quelli che si verificano fra nuvola e suolo, ma sono comuni anche scariche fra due nuvole o all'interno di una stessa nuvola.

In linea di principio, qualsiasi oggetto sospeso nell'atmosfera può innescare un fulmine: si sono osservati infatti fulmini tra nuvola e aeroplano e tra aeroplano e suolo.



Il fenomeno elettrico

Di seguito illustriamo il meccanismo fisico che genera la scarica di un fulmine.

Dalla nuvola ha inizio un canale ionizzato (detto canale di prescarica) che avanza nell'aria verso il basso, muovendosi a tratti con avanzamenti rapidi dell'ordine dei 50 metri e pause nell'ordine di 50 microsecondi, in modo che la velocità media risultante dell'avanzamento sia di circa 1 metro/microsecondo (1000 km/s).

Quando il canale ionizzato raggiunge il punto di contatto con il suolo (o con una linea elettrica) si genera verso terra un'elevata corrente dovuta alla scarica quasi completa del canale ionizzato (scarica di ritorno). Tale scarica parte dal suolo e si propaga verso la nube con una velocità di circa 0.1 - 0.3 volte quella della luce rendendo notevolmente luminoso il condotto di fulmine e le sue ramificazioni.

La condizione ideale per lo sviluppo di fulmini è la presenza dei cosiddetti cumulonemi (particolari nubi che presentano un forte sviluppo verticale che si sviluppano in condizioni di instabilità atmosferica) tipici dei fenomeni temporaleschi.

Tuttavia sono stati osservati fulmini anche durante

tempeste di sabbia, bufere di neve e nelle nuvole di cenere vulcanica.



Anche le particelle di ghiaccio all'interno della nuvola sono ritenute un elemento fondamentale nello sviluppo dei fulmini, in quanto possono provocare la separazione forzata delle particelle con cariche positive e negative, contribuendo così all'innescio della scarica elettrica.

L'espansione del canale ionizzato genera inoltre un'onda d'urto rumorosissima, il cosiddetto tuono.

L'attività luminosa connessa alla scarica di un fulmine è invece denominata lampo.

Un osservatore distante vede il lampo sensibilmente prima di sentire il tuono, poiché il suono viaggia a velocità molto inferiore a quella della luce (340 m/s circa contro 300.000 km/s) e quindi percepirà un ritardo di circa 3 secondi per ogni chilometro di distanza dal fulmine.

L'intensità della corrente elettrica di un fulmine varia tipicamente tra i 10 e i 200 kA.

Generalmente si descrive il fulmine come una singola scarica, ma sono molto frequenti i casi in cui si verificano una serie di scariche in rapida successione. Tipicamente l'intervallo di tempo tra una scarica e l'altra può oscillare tra i 5 e i 500 millisecondi, e la serie nel complesso può durare anche 1,5 secondi.

Più in particolare, il fulmine è una colonna di gas ionizzato (plasma), con le seguenti caratteristiche fisiche principali:

grandezza fisica	valore
corrente elettrica	2 - 200 × 10 ³ A
temperatura elettronica	50.000 K
diametro della colonna di plasma	10-50 cm
carica elettrica totale	5 - 10 C
differenza di potenziale	1-10 × 10 ⁹ V

In realtà, la grande pericolosità del fulmine è dovuta, più che alle grandi tensioni, alla corrente che fluisce nel canale d'aria ionizzata: essendo infatti il plasma un ottimo conduttore di corrente, esso permette il fluire di correnti tipiche di migliaia di Ampère (si consideri che bastano circa 20 mA per causare danni fisiologici da folgorazione).

Tipi di fulmini

Esistono quattro diversi tipi di fulmini:

- negativo discendente, la scarica pilota ha carica negativa e parte dall'alto
- positivo discendente, la scarica pilota ha carica positiva e parte dall'alto
- negativo ascendente, la scarica pilota ha carica negativa e parte dal basso
- positivo ascendente, la scarica pilota ha carica positiva e parte dal basso

La velocità è variabile e dipende sia dalle condizioni di umidità che dalla differenza di potenziale della scarica, ma si muove tra i 40.000 e i 50.000 km/s.

Parametri della corrente di fulmine

Le correnti di fulmine sono costituite prevalentemente da correnti impulsive ed, eventualmente, anche da correnti di lunga durata.

I parametri caratteristici sono i seguenti:

- **Valore di picco** (o di cresta) I_{max} : valore massimo raggiunto dalla corrente di fulmine in kA
- **Carica della corrente di fulmine** $Q_{fulmine}$: ($\int i dt$) è composta dalla carica prodotta dalla corrente impulsiva Q_{imp} e dalla carica prodotta dalla corrente di lunga durata Q_{lungo} ; è espressa in Coloumb. La carica della corrente di fulmine provoca delle fusioni sui componenti del sistema di protezione contro i fulmini che vengono colpiti direttamente dal fulmine
- **Pendenza massima**: $(di/dt)_{max}$ della corrente di fulmine; si raggiunge sul fronte della scarica e si misura in $kA/\mu s$ e determina l'altezza delle tensioni indotte elettromagneticamente
- **Energia specifica associata alla corrente di fulmine**: $(\int i^2 dt)$ rappresenta l'energia sviluppata dalla corrente di fulmine su una resistenza di valore unitario e si misura in (A^2s) . Tale energia (spesso chiamata "impulso quadrato di corrente") è determinante per il riscaldamento dei conduttori attraversati dalla corrente impulsiva da fulmine, così come per l'effetto della forza esercitata sui conduttori. Per il calcolo del riscaldamento di

conduttori si parte dal presupposto che l'energia termica totale viene creata dalla resistenza ohmica dei componenti del sistema di protezione contro i fulmini. Inoltre si presuppone che, a causa della brevità del processo, non sarà possibile alcuno scambio di calore con l'ambiente circostante. L'energia specifica della corrente impulsiva determina così la sollecitazione che causa una deformazione reversibile o irreversibile dei componenti e del sistema di protezione

- **Corrente massima di fulmine**: se R_E è la resistenza verso terra della struttura colpita dal fulmine, si avrà una tensione $V_{max} = R_E \cdot I_{max}$. Occorre comunque tenere conto anche degli effetti induttivi
- **Spettro di frequenza**: lo spettro della corrente di fulmine ha una banda compresa tipicamente tra 1 e 100 kHz; le armoniche possono arrivare fino a 2 MHz

Pericolo fulmini

La fulminazione diretta (o nelle vicinanze) di strutture o di linee connesse alle strutture è pericolosa per le vite umane, per le strutture stesse, per il loro contenuto e per gli impianti in esse presenti.

Il pericolo per la struttura può consistere in:

- danni agli esseri viventi all'interno o in prossimità della struttura
- danni alla struttura ed al suo contenuto
- guasti dei relativi impianti elettrici ed elettronici

Le conseguenze dei danni e dei guasti possono estendersi ai dintorni della struttura e possono, in determinati casi, interessare anche l'ambiente circostante.

Non sono noti allo stato attuale dispositivi o sistemi finalizzati a modificare il naturale epilogo della fenomenologia meteorologica, al fine di prevenire la formazione dei fulmini: ciò significa che il rischio connesso ai fulmini non si può in alcun modo eludere.

Questo è il motivo per cui risulta essenziale l'adozione di misure di protezione contro il fulmine.

Se esse siano necessarie e quali caratteristiche debbano avere (anche in termini di vantaggi economici delle misure adottate), deve essere determinato attraverso un'apposita valutazione del rischio.

Obblighi

L'obbligo di valutazione del Rischio di fulminazione è prescritto dal Testo unico sulla sicurezza (D.lgs. 81/2008, artt. 17, 28, 29 e 84).

In particolare, dall'analisi degli artt. 17, comma 1, lettera a), 28, comma 1 e 29, comma 1, del succitato

decreto si evince il principio generale che la valutazione del rischio di fulminazione, potendosi configurare come un rischio per la sicurezza dei lavoratori (Art. 28, comma 1), è un obbligo non delegabile in capo al Datore di Lavoro (Art. 17, comma 1, lettera a) che si avvale della collaborazione del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (Art. 29, comma 1).

L'art. 84 del Testo unico, inoltre, specifica sia il campo di applicazione sia la normativa tecnica di riferimento: "il datore di lavoro provvede affinché gli edifici, gli impianti, le strutture, le attrezzature, siano protetti dagli effetti dei fulmini secondo le norme tecniche", ovvero, secondo la normativa applicabile della serie CEI EN 62305 "Protezione dai fulmini".

Normativa di riferimento

La norma in materia di fulmini è la CEI EN 62305, che è suddivisa in 4 parti, in funzione dei contenuti degli argomenti trattati:

- **CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1)**

Principi generali

Questa parte contiene le informazioni relative al pericolo da fulmine, alle caratteristiche del fulmine e ai parametri significativi per la simulazione degli effetti prodotti dai fulmini

- **CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2)**

Valutazione del rischio

La valutazione del rischio secondo CEI EN 62305-2 si basa su un'analisi dei rischi stessi al fine di stabilire per prima cosa la necessità di una protezione contro i fulmini. Dopodiché viene stabilita la misura di protezione ottimale dal punto di vista tecnico ed economico. Infine viene determinato il rischio residuo rimanente

- **CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3)**

Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone

Tratta la protezione di edifici e persone dai danni materiali e dal pericolo di morte, che potrebbero essere causati dall'effetto della corrente di fulmine oppure da scariche pericolose

- **CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4)**

Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

Tratta la protezione di edifici contenenti sistemi elettrici ed elettronici dagli effetti dei disturbi elettromagnetici (LEMP) prodotti dai fulmini

Contemporaneamente alle Norme della serie CEI EN 62305 è stata pubblicata la Guida tecnica CEI 81-2 "Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini".

Essa fornisce indicazioni per verificare la rispondenza alle

Norme CEI EN 62305 delle misure di protezione contro i fulmini adottate a seguito della valutazione del rischio di una struttura.

La Guida è indirizzata a chi, a qualsiasi titolo, è chiamato alla verifica dei sistemi di protezione contro i fulmini.

La metodologia per la valutazione dei rischi

L'impianto di protezione contro i fulmini LPS ha il compito di proteggere edifici dalle fulminazioni dirette e da possibili incendi.

La valutazione del rischio dovuto al fulmine analizza un edificio con le sue caratteristiche dimensionali e strutturali di ubicazione, di destinazione d'uso, di compartimentazione antincendio, etc. In base al tipo di impianti elettrici e di telecomunicazione presenti, al carico di incendio presunto, alla presenza di mezzi adeguati per fronteggiare o rivelare la presenza di eventuali incendi, è occorre valutare se la struttura è statisticamente auto protetta dai fulmini (ossia protetta in relazione alle proprie stesse caratteristiche), oppure necessita di adeguati mezzi di protezione esterni quali:

- LPS (parafulmine, gabbia di Faraday, ecc.)
- SPD (limitatori di sovratensione)
- accorgimenti di altra natura (mezzi di rivelazione/ estinzione automatico in caso di incendi, asfaltatura del suolo, ecc.)

Quando le prescrizioni normative non contengono alcuna specificazione sui dettagli delle misure di protezione contro i fulmini, è consigliabile installare almeno un LPS (di classe III) secondo CEI EN 62305-3.

Prima di affrontare la valutazione del rischio con la CEI EN 62305-2, proponiamo un breve glossario con termini e definizioni.

GLOSSARIO

Di seguito si riportano le definizioni dei termini più utilizzati.

Struttura da proteggere

Struttura per cui è richiesta la protezione contro il fulmine in conformità alla Norma; la struttura da proteggere può essere una parte di una struttura più grande

Struttura con rischio di esplosione

Struttura che contiene materiali esplosivi solidi o zone pericolose come definite dalla Norma EN 60079-10-1 e EN 60079-10-2

Strutture pericolose per l'ambiente

Strutture che, in conseguenza di una fulminazione, possono dar luogo ad emissioni biologiche, chimiche o radioattive (come ad esempio impianti chimici, petrolchimici, nucleari, ecc.)

Ambiente urbano

Area con un'alta densità di edifici o di abitanti e con edifici alti

Ambiente suburbano

Area con una densità media di edifici; la "Periferia" è un esempio di ambiente suburbano

Ambiente rurale

Area con una bassa densità di edifici; la campagna è un esempio di ambiente rurale

Tensione nominale di tenuta ad impulso Uw

Tensione di tenuta ad impulso assegnata dal costruttore ad un'apparecchiatura o ad una parte di essa, per caratterizzare la capacità di tenuta del suo isolamento contro le sovratensioni

Impianto elettrico

Impianto comprendente componenti elettrici alimentati in bassa tensione

Impianto elettronico

Impianto comprendente componenti elettronici sensibili quali apparati per telecomunicazioni, calcolatori, impianti di controllo e misura, impianti radio,

apparati elettronici di potenza

Impianti interni

Impianti elettrici ed elettronici interni ad una struttura

Linea

Linea di energia o di telecomunicazione connessa ad una struttura per cui è richiesta la protezione

Linea di telecomunicazione

Linea di trasmissione usata per far comunicare fra loro apparecchiature che possono essere ubicate in strutture separate, come ad esempio una linea dati o una linea telefonica

Linea di energia

Linea elettrica di alimentazione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche di impianti interni, quale, ad esempio, una linea di distribuzione di energia a bassa tensione (BT) o alta tensione (AT)

Fulmine su una struttura

Fulmine che colpisce una struttura da proteggere

Rischio tollerabile RT:

Valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere

Zona di una struttura ZS

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

Sezione di una linea SL

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

Zona di protezione LPZ

Zona in cui è definito l'ambiente elettromagnetico creato dal fulmine. I confini di zona di una LPZ non sono necessariamente costituiti da elementi fisici (es.: pareti, pavimento e soffitto)

Livello di protezione LPL

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. Il livello di protezione è usato per dimensionare le misure di protezione sulla base del corrispondente gruppo di parametri della corrente di fulmine

Misure di protezione

Misure da adottare nella struttura da proteggere per ridurre il rischio

Protezione contro il fulmine LP

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

Sistema di protezione contro il fulmine LPS

Impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura. È costituito da un impianto di protezione esterno e da un impianto di protezione interno

Misure di protezione contro il LEMP - SPM

Misure usate per la protezione degli impianti interni contro gli effetti del LEMP. Esse fanno parte della protezione completa contro il fulmine

Schermo magnetico

Schermo metallico chiuso, continuo o a maglia, che racchiude la struttura da proteggere, o una parte di essa, usato per ridurre i guasti degli impianti elettrici ed elettronici

Cavo di protezione contro il fulmine

Cavo speciale con isolamento incrementato il cui schermo è in continuo contatto con il suolo sia direttamente che attraverso la guaina di plastica

Condotto per la protezione dei cavi contro il fulmine

Condotto per cavi avente bassa resistività ed in contatto con il suolo

es.: calcestruzzo con ferri di armatura interconnessi o condotto metallico)

Limitatore di sovratensione SPD

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

Interfacce di separazione

Dispositivi atti ad attenuare gli impulsi condotti sulle linee entranti in una LPZ. Sono compresi i trasformatori di separazione muniti di schermo connesso a terra tra gli avvolgimenti, cavi in fibra ottica privi di parti metalliche ed opto-isolatori. Le caratteristiche di tenuta di detti dispositivi sono intrinsecamente adatte allo scopo o rese tali mediante SPD

Collegamento equipotenziale EB

Connessione tra corpi metallici e l'LPS, mediante connessione diretta o tramite limitatore di sovratensioni, per ridurre le differenze di potenziale dovute alle correnti di fulmine

Zona 0

Luogo in cui è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente

una atmosfera esplosiva composta da una miscela di aria e sostanza infiammabile sotto forma di gas, vapore o miscela

Zona 1

Luogo in cui è probabile che si verifichi occasionalmente, durante le normali operazioni, atmosfera esplosiva composta da una miscela di aria e sostanza infiammabile sotto forma di gas, vapore o miscela

Zona 2

Luogo in cui, durante le normali operazioni, non è probabile che si verifichi atmosfera esplosiva composta da una miscela di aria e sostanza infiammabile sotto forma di gas, vapore o miscela ma, quando questo accade, essa persiste solo per brevi periodi. In questa definizione, il termine "persiste" significa il periodo totale di tempo in cui esiste l'atmosfera esplosiva. Questo normalmente comprende la durata totale del rilascio più il tempo necessario all'atmosfera esplosiva per disperdersi dopo la cessazione del rilascio. Indicazioni relative alla frequenza degli avvenimenti ed alla loro durata possono essere ottenute dai regolamenti delle specifiche industrie o applicazioni

Zona 20

Luogo in cui è presente nell'aria

continuamente, o per lunghi periodi, o frequentemente, atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile

Zona 21

Luogo in cui è probabile si verifichi occasionalmente, durante le normali operazioni, atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile

Zona 22

Luogo in cui, durante le normali operazioni, non è probabile che si verifichi atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile, ma quando questo accade essa persiste solo per brevi periodi

CEI EN 62305–2 e valutazione del rischio fulminazione

Premessa

La normativa tecnica CEI EN 62305-2 “Protezione dai fulmini. Valutazione del rischio” fornisce una procedura per la valutazione del rischio dovuto a fulmini a terra in una struttura. Una volta stabilito il limite superiore per il “Rischio tollerabile” la procedura permette la scelta delle appropriate misure di protezione da adottare per ridurre il “Rischio” al minimo tollerabile o a valori inferiori.

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 (compreso danno permanente)
	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 stabiliti 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);
- Rischio tollerabile per perdita di vite umane o danni permanenti ($R_T = 10^{-5}$ anni⁻¹).

Valutazione del rischio fulminazione

Nella valutazione della necessità della protezione contro il fulmine di un oggetto devono essere considerati i seguenti rischi:

- rischi R1, R2 e R3 per una struttura;

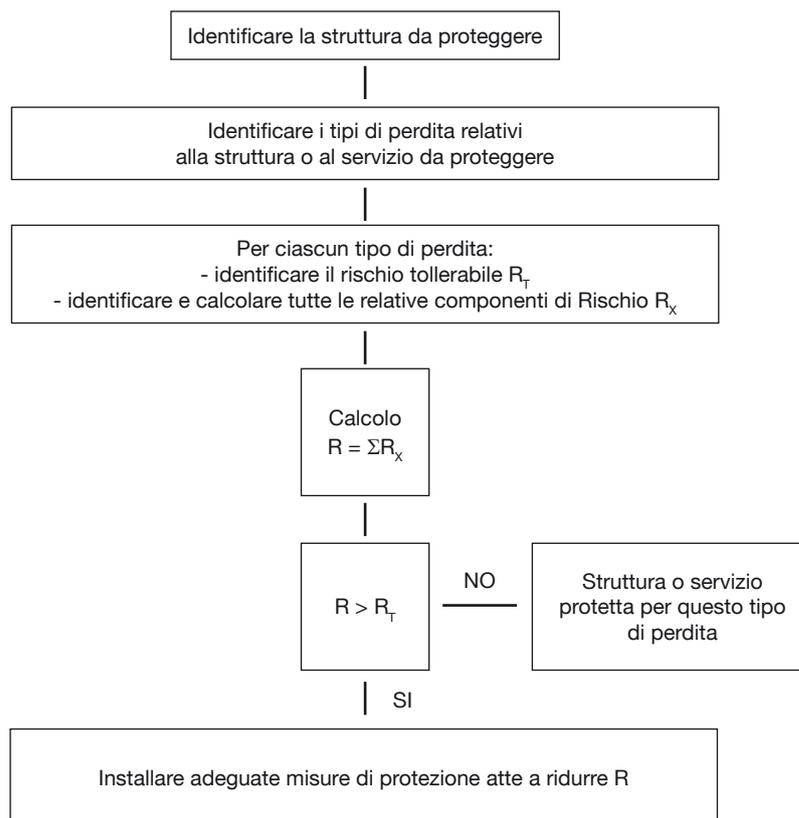
Per ciascun rischio considerato devono essere effettuati i seguenti passi:

- 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 $R \leq R_T$ la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se $R > R_T$ devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere $R \leq R_T$ per tutti i rischi a cui è interessato l'oggetto.

Oltre alla necessità della protezione contro il fulmine di una struttura, può essere utile valutare i benefici economici conseguenti alla messa in opera di misure di protezione atte a ridurre la perdita economica L_4 . La valutazione della componente di rischio R_4 per una struttura permette di comparare i costi della perdita economica con e senza le misure di protezione.



Determinazione delle componenti di rischio

Nella valutazione dei rischi non vengono presi in considerazione solo i rischi complessivi R_1 , R_2 , R_3 e R_4 ma anche la loro rispettiva composizione. Ogni rischio è infatti costituito da una somma di singole componenti di rischio.

Ciascuna delle componenti di rischio (R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W e R_Z) può essere calcolata mediante la seguente equazione generale:

$$R_x = N_x \cdot P_x \cdot L_x$$

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].

Fulmine sulla struttura

Si verifica quando un fulmine colpisce direttamente la struttura causando eventuali danni meccanici immediati, incendi e/o esplosioni, danni alle persone dovuti alle tensioni di passo e di contatto e guasti o malfunzionamenti degli impianti interni dovuti al LEMP (impulso elettromagnetico di fulmine).

				"L1"	"L2"	"L3"	"L4"	
		"D1"						"RA"
"S1"		"D2"						"RB"
		"D3"						"RC"

(*1) Perdita di animali

(*2) Ospedali, strutture con rischio di esplosione, ecc

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.

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A$$

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 della CEI EN 62305-2];
- P_A Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sulla struttura) [§ B.2 della CEI EN 62305-2];
- L_A Perdita per danno ad esseri viventi [§ C.3 della 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).

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B$$

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 della CEI EN 62305-2];
- P_B Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.3 della CEI EN 62305-2];
- L_B Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ C.3 della 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.

$$R_c = N_D \cdot P_c \cdot L_c$$

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 della CEI EN 62305-2];
- P_c Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B43 della CEI EN 62305-2];
- L_c Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ C.3 della CEI EN 62305-2].

Fulmine in prossimità della struttura

Si verifica quando un fulmine cade nella prossimità della struttura causando eventuali guasti o malfunzionamenti agli impianti interni dovuti al LEMP (impulso elettromagnetico di fulmine).

				"L1"	"L2"	"L3"	"L4"	
"S2"		"D3"		 (*2)				"RM"

(*2) Ospedali, strutture con rischio di esplosione, ecc

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.

$$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M$$

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 della CEI EN 62305-2];
- P_M Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.5 della CEI EN 62305-2];
- L_M Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ C.3 della CEI EN 62305-2].

Fulmine su una linea

Si verifica quando un fulmine non colpisce direttamente la struttura ma i servizi entranti nella struttura (cavi telefonici, impianti di antenna, linea elettrica ecc.) causando eventuali incendi e/o esplosioni iniziati da scariche dovute a sovratensioni ed alle correnti di fulmine trasmesse tramite il servizio entrante, danni alle persone dovuti alle tensioni di contatto all'interno della struttura e guasti o malfunzionamenti degli impianti interni soggetti a sovratensioni.

				"L1"	"L2"	"L3"	"L4"	
		"D1"					€ ^(*)	"RA"
"S3"		"D2"					€	"RB"
		"D3"		 ^(*)			€	"RC"

(*) Perdita di animali

(*) Ospedali, strutture con rischio di esplosione, ecc

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.

$$R_U = (N_L + N_{Da}) \cdot P_U \cdot L_U$$

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 della CEI EN 62305-2];
- N_{Da} 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 della CEI EN 62305-2];
- L_U Perdita per danni ad esseri viventi (fulmine sul servizio) [§ C.3 della 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).

$$R_V = (N_L + N_{Da}) \cdot P_V \cdot L_V$$

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 della CEI EN 62305-2];
- N_{Da} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2 della CEI EN 62305-2];
- P_V Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.7 della CEI EN 62305-2];

- L_v Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sul servizio) [§ C.3 della CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso), R_w

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

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

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

Fulmine in prossimità di una linea

Si verifica quando un fulmine cade nelle prossimità dei servizi entranti nella struttura causando eventuali guasti o malfunzionamenti degli impianti interni dovuti alle sovratensioni indotte nelle linee e trasmesse alla struttura.

(*2) Ospedali, strutture con rischio di esplosione, ecc

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.

$$R_z = N_1 \cdot P_z \cdot L_z$$

dove:

- R_z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità del servizio);
- N_1 Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio [§ A.4 della CEI EN 62305-2];
- P_z Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ B.9 della CEI EN 62305-2];
- L_z Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ C.3 della CEI EN 62305-2].

Determinazione dei rischi

La valutazione dei rischi complessivi R1, R2, R3 e R4 è determinata come segue in funzione delle singole componenti di rischio.

				"L1"	"L2"	"L3"	"L4"	
		"D1"					€ ^(*)	"RA"
"S1"		"D2"					€	"RB"
		"D3"		 ^(*)			€	"RC"
"S2"		"D3"		 ^(*)			€	"RM"
		"D1"					€ ^(*)	"RU"
"S3"		"D2"					€	"RV"
		"D3"		 ^(*)			€	"RW"
"S4"		"D3"		 ^(*)			€	"RZ"
				"R1"	"R2"	"R3"	"R4"	"RC"

(*1) Perdita di animali

(*2) Ospedali, strutture con rischio di esplosione, ecc

Rischio di perdita di vite umane, R₁

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

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

(*2) 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)

Rischio di perdita di servizio pubblico, R_2

Il rischio di perdita di un servizio pubblico è determinato come somma delle componenti di rischio precedentemente definite.

$$R_1 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

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)

Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile, R_3

Il rischio di perdita di un patrimonio culturale insostituibile è determinato come somma delle componenti di rischio precedentemente definite.

$$R_1 = R_B + R_V$$

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)

Rischio di perdita di vite umane, R_4

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

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

(*) Perdita di animali.

(**) 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)

Soluzioni software



Impiantus-FULMINI VR è il software ACCA per la verifica delle scariche atmosferiche con valutazione del rischio e scelta mirata delle misure di protezione contro i fulmini secondo la normativa tecnica CEI EN 62305-2:2013 “Protezione contro i fulmini - Valutazione del rischio”.

Un unico software per la verifica delle scariche atmosferiche con:

- valutazione del rischio di fulminazione
- calcolo automatico dell'area di raccolta fulmini dal disegno della struttura
- input guidato delle caratteristiche di zone, linee e impianti
- scelta mirata delle misure di protezione dai fulmini
- relazione tecnica automatica e in formato RTF modificabile

