

Guida alla protezione contro i fulmini

Fulmini, origine e rischio (seconda parte)

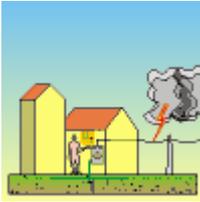
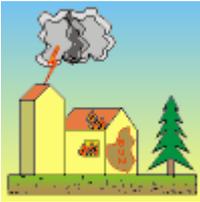
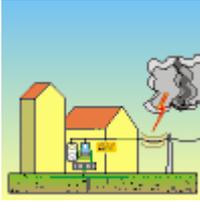
Publicato il: 20/11/2006
Aggiornato al: 20/11/2006

di *Gianluigi Saveri*

1. Origini e tipi di danno

La norma CEI 62305-2 fornisce utili indicazioni per l'analisi del rischio di fulminazione (l'argomento è molto complesso e come tale, per poterlo trattare in modo esaustivo, occorre sempre riferirsi alla norma stessa). Il fulmine, come abbiamo visto nella prima parte riguardante la fisica dei temporali, è un fenomeno di origine naturale, imprevedibile, dagli effetti a volte devastanti e dal quale è molto difficile difendersi completamente. Proteggersi dai fulmini significa quindi ridurre entro limiti accettabili la probabilità di danno. **Un fulmine che colpisce direttamente o indirettamente una struttura può provocare danni, alla struttura stessa, ai suoi occupanti, ai beni che contiene, agli impianti, elettrici e/o di segnale, e alle apparecchiature.** I danni, inoltre, possono interessare anche l'ambiente circostante e le strutture vicine relativamente alle caratteristiche del fulmine e alla struttura colpita. Si possono individuare tre tipi di danno (D) dovuti al fulmine (tab.1):

- D1: lesione o morte di persone o animali;
- D2: danni alle strutture
- D3: fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche.

Fulminazione	Tipo di danno	Strutture		Linee elettriche	
		Sorgente del danno	Rappresentazione schematica	Sorgente del danno	Rappresentazione schematica
Diretta	D1	S1		S3	
	D2				
	D3				
Indiretta	D3	S2		S4	

Tab. 1 – Origine e tipo di danno

Quattro sono invece le sorgenti del danno (S) individuate dalla norma.

Si distinguono in funzione del punto di caduta del fulmine che può coinvolgere, colpendo direttamente o indirettamente, un edificio o i servizi entranti in un edificio (linea di energia o di segnale, tubazioni di acqua, gas o altri fluidi, ecc..).

Ogni sorgente a sua volta può provocare uno o più fra i tipi di danno D1, D2 e D3 indicati dalla norma:

- S1:** fulminazione diretta della struttura, il fulmine coglie direttamente la struttura:
 - D1 – morte di persone o animali (a causa di tensioni di passo o di contatto introdotte per accoppiamento induttivo, dovuto al campo magnetico generato dalla corrente di fulmine, o resistivo, dovuto alla corrente di fulmine che attraversa l'impedenza del dispersore o delle stessa linea);
 - D2 – incendi, esplosioni, perforazioni di tubazioni o serbatoi, rotture meccaniche (per le alte temperature in gioco, per effetto chimico elettrolitico, per sforzi elettrodinamici)
 - D3 – fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per tensioni indotte dalla corrente di fulmine)

- **S2:** fulminazione indiretta della struttura, il fulmine colpisce a terra nei pressi della struttura:
 - D3 – fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per sovratensioni dovute ad accoppiamento induttivo)
- **S3:** fulminazione diretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine picchia direttamente su una linea elettrica o di segnale che entra nella struttura:
 - D1 – morte di persone o animali a causa di tensioni di contatto (a causa delle correnti di fulmine introdotte attraverso la linea);
 - D2 – incendi, esplosioni (dovuti a scariche originate da sovratensioni introdotte dalla linea);
 - D3 – fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per sovratensioni che passano attraverso la linea).
- **S4:** fulminazione indiretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine si scarica nei pressi di una linea elettrica o di segnale entrante nella struttura:
 - D3 – fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per sovratensioni introdotte dalla linea)

Per la prima volta le norme si occupano anche delle linee entranti di segnale. In caso di fulminazione diretta della linea viene introdotto il danno D1 (morte di persone o animali per tensioni di contatto introdotte dalla linea) e il danno D3 (guasti alle apparecchiature elettriche ed elettroniche a causa delle sovratensioni che entrano attraverso la linea) mentre la vecchia CEI 81-4 si considerava soltanto il danno derivante dall'incendio.

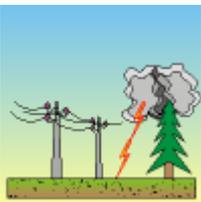
2. Valutazione del rischio

I danni D1, D2 e D3, variamente combinati, possono provocare diversi tipi di perdite a seconda di come viene colpita la struttura.

I tipi di perdita e i relativi rischi sono:

- L1: perdita di vite umane - rischio R1;
- L2: perdita di servizio pubblico - rischio R2;
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile - rischio R3;
- L4: perdita economica - rischio R4.

Le perdite L1, L2 ed L3, hanno un interesse per la collettività e devono essere sempre considerate mentre la perdita L4, essendo di tipo economico, è di interesse privato e può essere presa in considerazione secondo i casi.

Punto di caduta	Sorgente del danno	Tipo di danno	Tipo di perdita	Componenti di rischio
	S1	D1 D2 D3	L1,L4(2) L1,L2,L3,L4 L1(1),L2,L4	RA,RB,RC
	S2	D3	L1(1),L2,L4	RM
	S3	D1 D2 D3	L1,L4(2) L1,L2,L3,L4 L1(1),L2,L4	RU,RV,RW
	S4	D3	L1(1),L2,L4	RZ

(1) Per le strutture con rischio di esplosione, gli ospedali e tutte le strutture nelle quali a causa di guasti alle apparecchiature e agli impianti si può avere perdita di vite umane.
 (2) Per le strutture ad uso agricolo-zootecnico nelle quali si può avere perdita di animali

Tab. 2 – Tipo di rischio e perdite

Il rischio complessivo riferito a ciascun tipo di perdita è composto da diverse parti di rischio chiamate componenti di rischio:

- **Componente A** (ex H) – Il fulmine è diretto sulla struttura (S1). Danni ad esseri viventi causati da tensioni di passo e di contatto in una zona esterna a tre metri attorno alla struttura. Si possono avere perdite di tipo L1 ed L4 (perdita di animali nelle strutture ad uso agricolo);
- **Componente B** (ex A) – Il fulmine è diretto sulla struttura (S1). Danni fisici prodotti da incendi o esplosioni causati da scariche derivanti dalla fulminazione. Si possono avere perdite di tipo L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile per edifici di interesse artistico, storico, architettonico), L4 (perdita economica);
- **Componente C** (ex D) – Il fulmine è diretto sulla struttura (S1). Danni agli impianti interni, fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche causato dalle tensioni indotte di carattere impulsivo dovute alla rapida variazione del campo elettromagnetico e all'impulso della corrente di fulmine. Si possono produrre perdite di tipo L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L4 (perdita economica);
- **Componente M** (ex M) – Il fulmine cade nei pressi della struttura (S2). Danni agli impianti interni con fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche a causa della rapida variazione del campo elettromagnetico. Si possono produrre perdite di tipo L1 (se esiste pericolo di esplosione o se il fuori servizio sulle apparecchiature può provocare perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L4 (perdita economica);
- **Componente U** (non considerato nella vecchia norma) – Il fulmine cade su una linea entrante (S3). Danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura. Si possono presentare danni di tipo L1 (perdite di vite umane) ed L4 (perdita di animali nelle strutture agricole)
- **Componente V** (ex C) – Il fulmine colpisce una linea entrante (S3). Danni fisici prodotti da incendi o esplosioni causati da scariche derivanti dalla fulminazione. Si possono avere perdite di tipo L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L3 (perdita di patrimonio culturale per edifici di interesse artistico, storico, architettonico), L4 (perdita economica);
- **Componente W** (non considerato nella vecchia norma) – Il fulmine è diretto su una linea entrante (S3). Le perdite possono essere di tipo L1 (perdita di vite umane se esiste pericolo di esplosione se si tratta di un ospedale o comunque se il fuori servizio delle apparecchiature può provocare perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali) ed L4 (perdita economica).
- **Componente Z** (ex G) – Il fulmine cade in prossimità della linea (S4). Danni agli impianti interni con fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche provocati da sovratensioni indotte. Si possono avere perdite di tipo L1 (perdita di vite umane se esiste pericolo di esplosione se si tratta di un ospedale o comunque se il fuori servizio delle apparecchiature può provocare perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali) ed L4 (perdita economica).

In tab. 3 sono riportate le componenti di rischio da considerare per ogni tipo di perdita e rischio relativo.

Sorgenti di danno		S1			S2	S3			S4
Componente del rischio		RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Rischio per tipo di perdita	R1	*	*	*(1)	*	*	*	*(1)	*(1)
	R2	-	*	*	*	-	*	*	*
	R3	-	*	-	-	-	*	-	-
	R4	*(2)	*	*	*	*(2)	*	*	*

(1) Solo per strutture con rischio di esplosione, se si tratta di un ospedale o comunque se il fuori servizio delle apparecchiature può provocare perdita di vite umane
 (2) Solo se si tratta di edifici ad uso agricolo con possibilità di perdita di animali

Tab. 3 – Componenti di rischio, indicati con un asterisco, da considerare per ogni tipo di perdita

La somma delle varie componenti di rischio, scelte fra quelle su indicate, fornisce il rischio complessivo R. La norma indica un altro modo per calcolare il rischio totale che considera le porzioni di rischio relative al tipo di fulminazione o al tipo di danno:

- **Tipo di fulminazione** (diretta o indiretta) – Il rischio totale è dato da $R=RD+RI$ dove $RD=RA+RB+RC$ è il rischio pertinente ai fulmini che cadono direttamente sulla struttura mentre $RI=RM+RU+RV+RW+RZ$ è il rischio corrispondente alla fulminazione indiretta della struttura e diretta e indiretta delle linee.
- **Tipo di danno** – Il rischio totale riferito al tipo di danno è dato da $R=RS+RF+RO$ dove $RS=RA+RU$ è il rischio inerente i danni a persone o animali, $RF=RB+RV$ è il rischio relativo ai danni fisici alla struttura e $RO=RC+RM+RW+RZ$ è il rischio relativo a guasti alle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

Il rischio di danno imputabile al fulmine R_X in una struttura è espresso dalla seguente relazione:

$$R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_X$$

Dove:

- **N_X** è la frequenza di fulminazione ovvero il numero di fulmini che, solitamente all'anno, possono interessare la struttura. La valutazione tiene conto della densità di fulmini a terra per chilometro quadrato all'anno, delle dimensioni e della posizione topografica della struttura, delle caratteristiche delle linee entranti (numero, area, interrata, lunghezza).
- **P_X** è la probabilità che un fulmine provochi delle perdite. Dipende dalle caratteristiche della struttura e da ciò che contiene, dagli impianti elettrici e di segnale installati nella struttura, dalla resistività superficiale del suolo all'esterno e del pavimento all'interno dell'edificio, dalle caratteristiche delle linee entranti e dalle eventuali misure di protezione adottate.
- **L_X** è l'ammontare medio del danno. Tiene conto, a seconda di come è utilizzata la struttura, del tipo della perdita, della presenza di persone e del tempo di sosta delle stesse, del valore economico (della struttura ma anche di ciò che vi è contenuto oppure dell'importanza delle attività svolte), di particolari elementi che possono accrescere i danni e delle possibili misure di protezione da mettere in atto.

Con la nuova norma si introduce anche la possibilità di classificare un edificio in zone. Si migliora così l'utilizzo delle protezioni e si riducono i costi complessivi. Le caratteristiche di ogni zona possono influire sulla composizione delle varie componenti di rischio. Ad esempio all'esterno il tipo di suolo e l'eventuale presenza di esseri viventi possono influenzare le componenti RA ed RU, i compartimenti antincendio possono avere effetto sulle componenti RB ed RV, ecc..

3. Rischio tollerabile e convenienza economica

La nuova norma non prevede più la procedura semplificata per verificare la necessità o meno di proteggere una struttura. Ora si deve calcolare il rischio totale R considerando ogni tipo di danno possibile e confrontando tale risultato con il rischio accettabile RT (tab. 4). Se risulta:

- $R < RT$, non si rendono necessarie protezioni particolari;
- $R > RT$, devono essere previste misure di protezione per abbassare il rischio e riportare R a valori minori o uguali ad RT.

Tipo di perdita	RT
Perdita di vite umane	10-5
Perdita di servizio pubblico essenziale	10-3
Perdita di patrimonio artistico	10-3

Tab. 4 – Tipici valori di rischio tollerabile

In figura 12 è rappresentato il diagramma di flusso tratto dalla norma che sintetizza la procedura per stabilire quando serve installare delle misure di protezione.

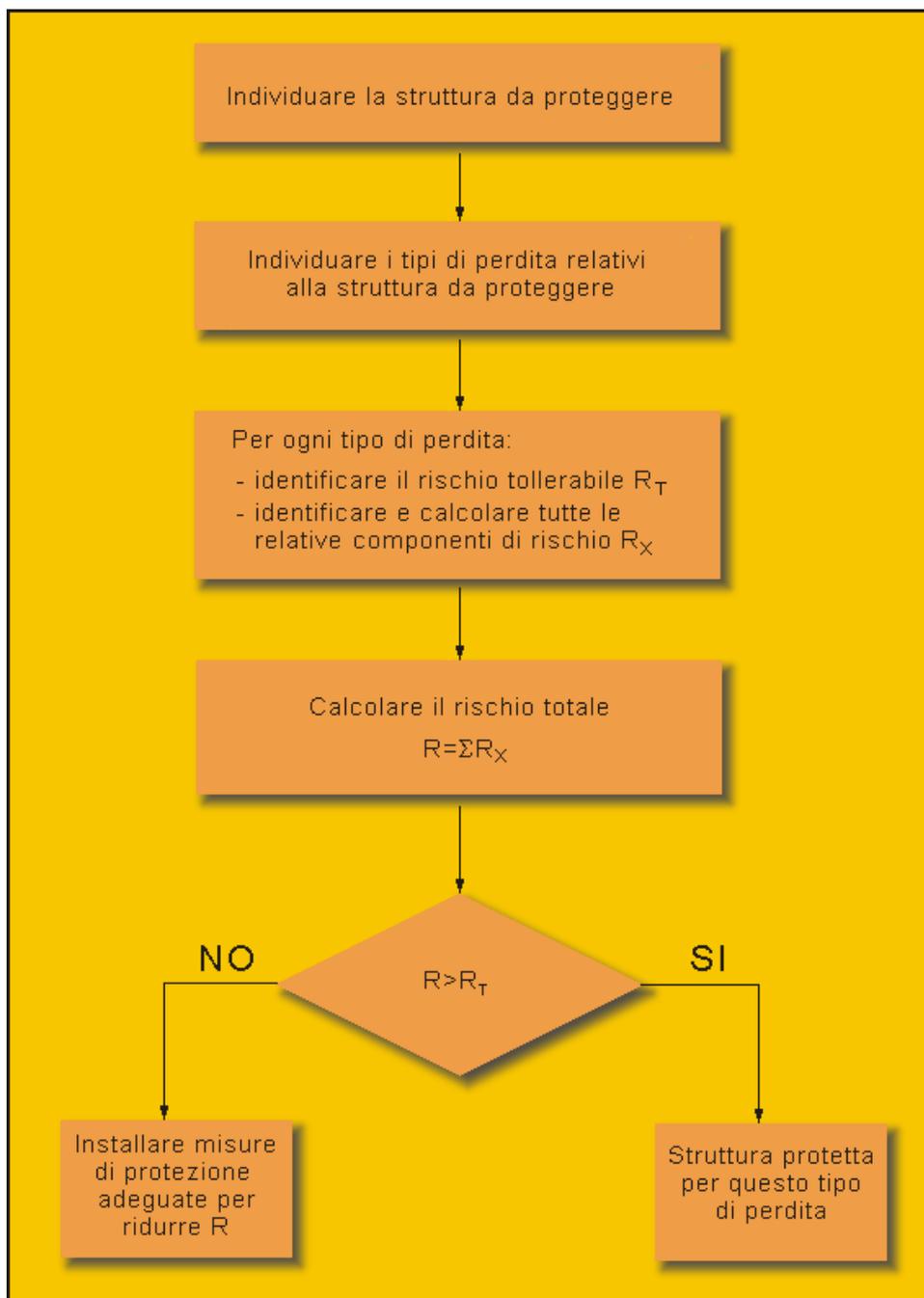


Fig.12 – Determinazione della necessità o meno della protezione

Nella norma si tratta per la prima volta anche della convenienza economica nell'adottare misure di protezione. Il diagramma di flusso di figura 13 prevede il calcolo delle componenti di rischio inerenti le perdite economiche nel caso in cui siano presenti o meno misure di protezione. Successivamente, conoscendo il valore economico della struttura e dei beni che contiene, si può calcolare il costo per anno delle perdite complessive senza misure di protezione (CL), il costo per anno delle perdite residue che si hanno prevedendo misure di protezione (CRL) e per finire (non dimenticando di inserire nei calcoli anche i costi relativi all'ammortamento, alla manutenzione, ecc..) il costo delle misure di protezione (CPM). Il risultato può essere:

- $CPM + CRL > CL$, non conviene adottare misure di protezione,
- $CPM + CRL < CL$, sono economicamente giustificate misure di protezione.

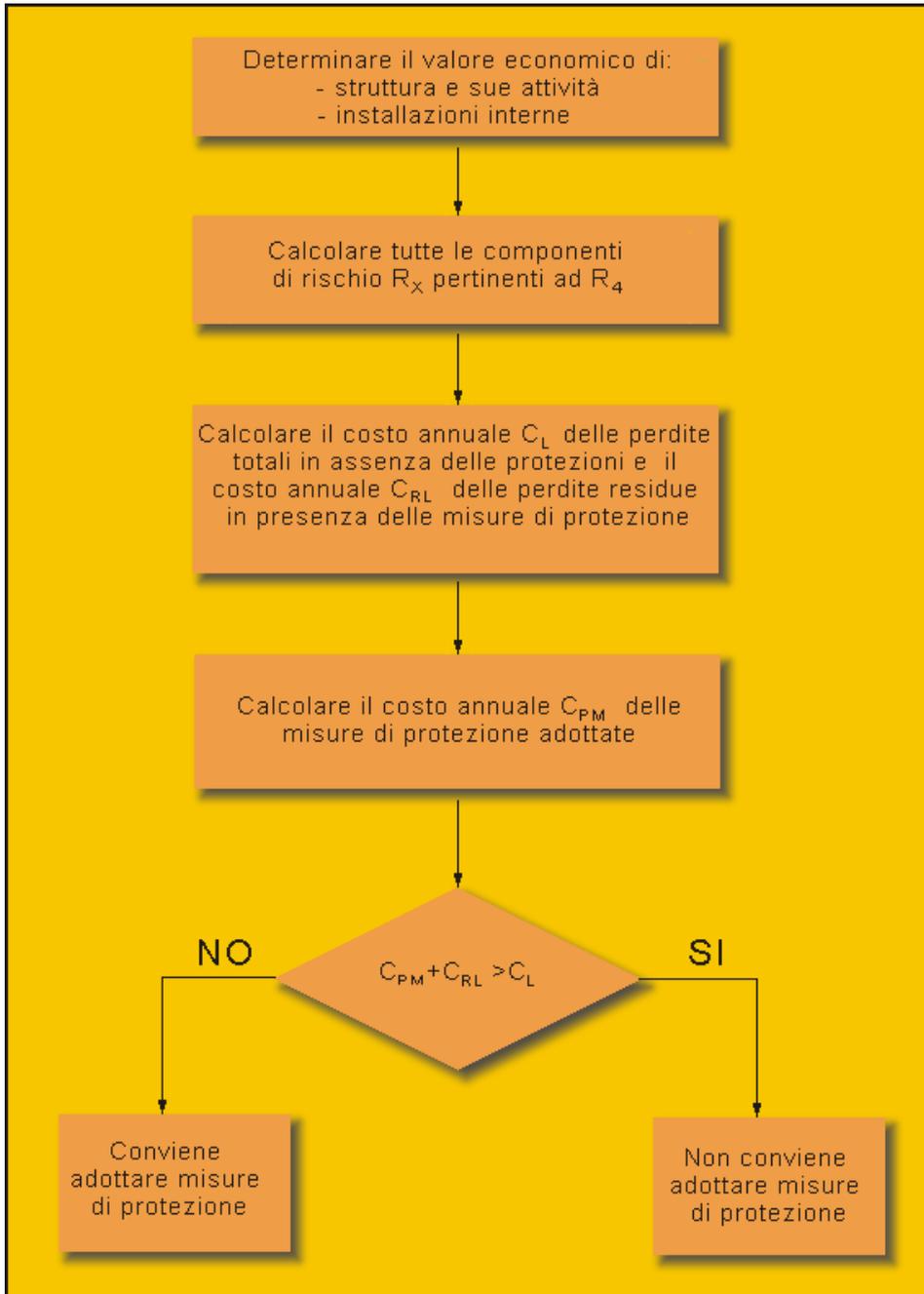


Fig. 13 – Stima della convenienza economica di adottare misure di protezione

4. Norme di riferimento

- **CEI EN 62305-1** – Protezione contro i fulmini – Principi generali;
- **CEI EN 62305-2** – Protezione contro i fulmini – Analisi del rischio;
- **CEI EN 62305-3** – Protezione contro i fulmini – Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
- **CEI EN 62305-4** – Protezione contro i fulmini – Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.