

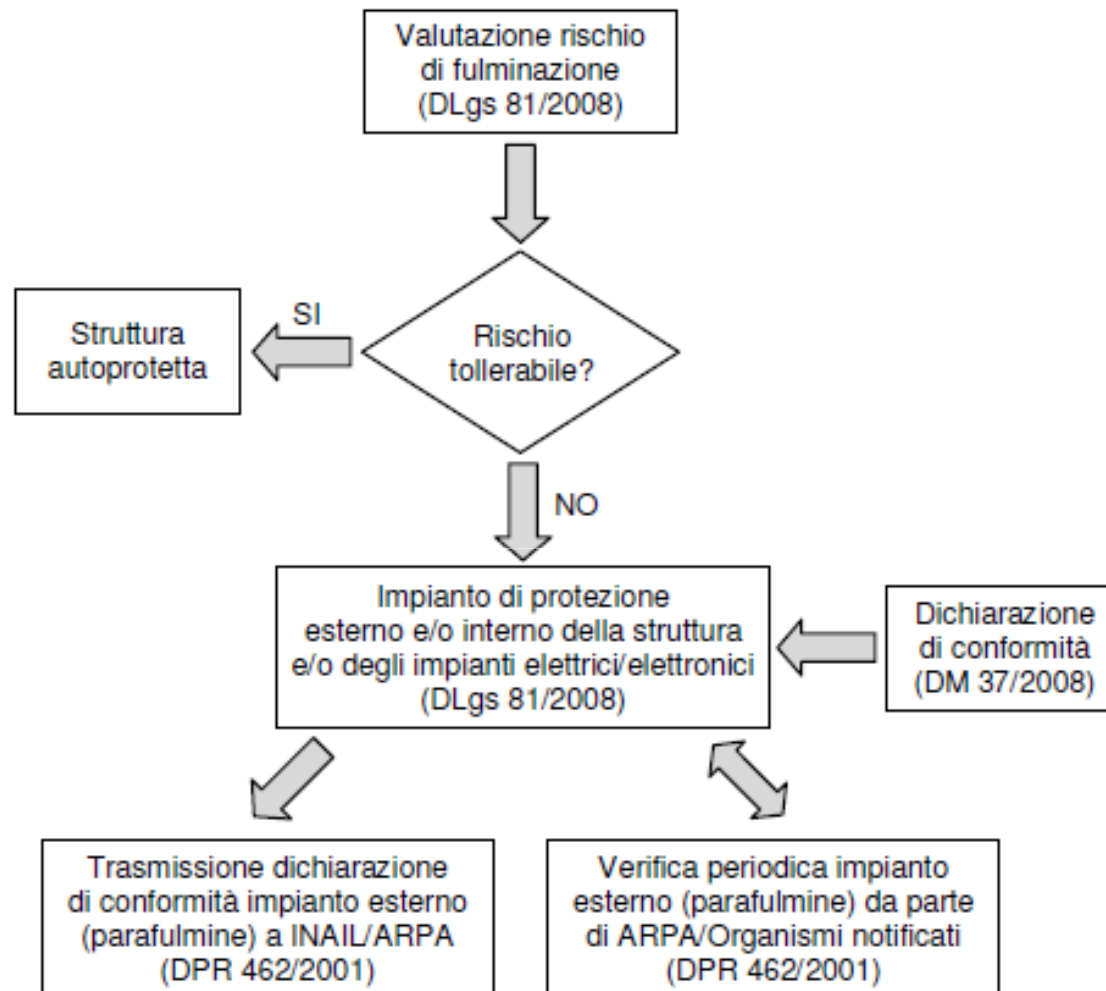
# Protezione contro i fulmini: dalla stregoneria all'ingegneria

## VALUTAZIONE DEL RISCHIO FULMINAZIONE (VRF)

Prof. Ing. Roberto Sbrizzai  
Politecnico di Bari

Bari – 15 dicembre 2017

# PRESCRIZIONI DI LEGGE



**Fig. 1.2** – Schema di correlazione tra i dispositivi di legge in tema di protezione contro i fulmini

# NORME TECNICHE

TABELLA 1.4 – Norme tecniche applicabili per la valutazione del rischio di fulminazione e la protezione delle strutture e degli impianti elettrici ed elettronici interni

NORME DI SISTEMA
<b>CEI EN 62305-1:2013 (CEI 81-10/1) + CEI EN 62305-1/EC (CEI 81-10/1; EC1)</b> Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali
<b>CEI EN 62305-2:2013 (CEI 81-10/2) + CEI EN 62305-2/EC (CEI 81-10/2; EC1)</b> Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio
<b>CEI EN 62305-3:2013 (CEI 81-10/3) + CEI EN 62305-3/EC (CEI 81-10/3; EC1)</b> Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
<b>CEI EN 62305-4:2013 (CEI 81-10/4) + CEI EN 62305-4/EC (CEI 81-10/4; EC1)</b> Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

## Campo di applicazione:

### Protezione contro il fulmine delle strutture inclusi gli impianti, il contenuto e le persone

I seguenti casi non sono compresi nello scopo della Norma:

- ✓ sistemi ferroviari;
- ✓ veicoli, navi, aerei, installazioni “offshore”;
- ✓ tubazioni sotterranee ad alta pressione;
- ✓ tubazioni, linee elettriche di potenza e di telecomunicazione installate all'esterno della struttura.

# NORME TECNICHE

## Rischio

- ✓ *valore della probabile perdita media annua (persone o cose), dovuta al fulmine, riferito al valore totale (persone o cose) della struttura da proteggere*

## Rischio tollerabile

- ✓ *massimo valore di rischio che può essere tollerato per la struttura da proteggere*

## Sistema di protezione contro il fulmine

### **(LPS – Lightning Protection System)**

- ✓ *sistema completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura, costituito da un impianto di protezione esterno e da un impianto di protezione interno alla struttura*

## Impulso elettromagnetico del fulmine

### **(LEMP – Lightning Electromagnetic Impulse)**

- ✓ *effetti elettromagnetici della corrente di fulmine dovuti alle sovratensioni generate dagli accoppiamenti per via resistiva, induttiva e capacitiva e dai campi elettromagnetici irradiati*

## Sistema di protezione contro il LEMP

### **(SPM – LEMP Protection Measures)**

- ✓ *sistema di misure per la protezione degli impianti interni contro gli effetti del LEMP*

## Protezione contro il fulmine

### **(LP – Lightning Protection)**

- ✓ *sistema completo per la protezione contro il fulmine di strutture, inclusi i loro impianti interni e contenuti nonché le persone, in genere costituito da un LPS ed un SPM*

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO FULMINAZIONE

**Evento pericoloso** *(che può causare danno):*

- ✓ **S1: fulmine su una struttura da proteggere**
- ✓ **S2: fulmine in prossimità di una struttura da proteggere**
- ✓ **S3: fulmine su una linea connessa alla struttura da proteggere**
- ✓ **S4: fulmine in prossimità di una linea connessa alla struttura da proteggere**

## **Struttura da proteggere**

*struttura per cui è richiesta la protezione contro il fulmine*

## **Linea (di energia o di telecomunicazione)**

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

## **Impianti interni**

*impianti elettrici ed elettronici interni ad una struttura*

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO FULMINAZIONE

## D1: Danni ad esseri viventi

danni, inclusa la perdita della vita, causati ad uomini o animali per elettrocuzione provocata da tensioni di contatto e di passo generate dal fulmine

## D2: Danno materiale

danno ad una struttura (o a quanto in essa contenuto) o a un servizio causato dagli effetti meccanici, termici, chimici o esplosivi del fulmine

## D3: Guasto di un impianto elettrico o elettronico

avaria permanente di un impianto elettrico o elettronico dovuta agli effetti elettromagnetici delle correnti di fulmine che possono generare impulsi e campi elettromagnetici mediante accoppiamento resistivo, induttivo e capacitivo

## L: Perdita

ammontare medio della perdita (uomini e beni) conseguente ad un determinato tipo di danno dovuto ad un evento pericoloso, riferito al valore complessivo (uomini e beni) della struttura da proteggere

- ✓ L1: perdita di vite umane (inclusi i danni permanenti);
- ✓ L2: perdita di servizio pubblico;
- ✓ L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- ✓ L4: perdita economica (struttura, contenuto e perdita attività)

# PROTEZIONE DAI FULMINI

## Zona di Protezione (LPZ – Lightning Protection Zone)

zona in cui è definito l'ambiente elettromagnetico creato dal fulmine

TABELLA 2.3 – Classificazione delle zone di protezione (LPZ)

UBICAZIONE	CLASSIFICAZIONE
Esterna alla struttura	LPZ 0 zona in cui il pericolo è costituito dall'intero campo elettromagnetico non attenuato del fulmine e dove gli impianti interni possono essere interessati da impulsi dovuti a tutta o parte della corrente di fulmine
	LPZ 0A zona in cui il pericolo è costituito dalla fulminazione diretta e dall'intero campo elettromagnetico non attenuato del fulmine e gli impianti interni possono essere interessati da impulsi dovuti all'intera corrente di fulmine
	LPZ 0B zona protetta contro la fulminazione diretta, ma dove persiste il pericolo dell'intero campo elettromagnetico non attenuato del fulmine e gli impianti interni possono essere interessati da impulsi dovuti a frazioni significative della corrente di fulmine
Interna alla struttura	LPZ 1 zona, a confine con la zona esterna, in cui gli impulsi elettromagnetici sono limitati dalla ripartizione della corrente di fulmine e/o da dispositivi di protezione al confine della zona stessa
	LPZ 2÷n zone, progressivamente più interne alla struttura da proteggere, in cui gli impulsi elettromagnetici sono ulteriormente limitati dalla ripartizione della corrente di fulmine e/o da dispositivi di protezione addizionali al confine delle zone stesse

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

Ad ogni tipologia di perdita corrisponde uno specifico rischio per la struttura:

- ✓ **R<sub>1</sub>: rischio di perdita di vite umane, inclusi i danni permanenti**
- ✓ **R<sub>2</sub>: rischio di perdita di servizio pubblico**
- ✓ **R<sub>3</sub>: rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile**
- ✓ **R<sub>4</sub>: rischio di perdita economica**

somma di singole componenti di rischio dipendenti dalle sorgenti di danno e dal tipo di danno.

RISCHIO PER LA STRUTTURA	SORGENTI DI DANNO / COMPONENTI DI RISCHIO							
	S1			S2		S3		S4
R <sub>1</sub>	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub> <sup>(*)</sup>	R <sub>M</sub> <sup>(*)</sup>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub> <sup>(*)</sup>	R <sub>Z</sub> <sup>(*)</sup>
R <sub>2</sub>		R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>		R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
R <sub>3</sub>		R <sub>B</sub>				R <sub>V</sub>		
R <sub>4</sub>	R <sub>A</sub> <sup>(**)</sup>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub> <sup>(**)</sup>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>

## NOTE

(\*) Solo per strutture a rischio di esplosione, ospedali o altre strutture in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.

(\*\*) Solo in strutture in cui può verificarsi la perdita di animali.



# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

TABELLA 3.2 – Contributo delle componenti di rischio alla determinazione del rischio di fulminazione per le diverse tipologie di perdite

RISCHIO DI FULMINAZIONE PER UNA STRUTTURA	RISCHIO TOLLERABILE $R_T$ (1/anno)
<p><b>Rischio di perdita di vite umane</b></p> $R_1 = \sum_{i=1}^n (R_{Ai} + R_{Bi} + R_{Ci}^* + R_{Mi}^* + R_{Ui} + R_{Vi} + R_{Wi}^* + R_{Zi}^*)$	$10^{-5}$
<p><b>Rischio di perdita di servizio pubblico</b></p> $R_2 = \sum_{i=1}^n (R_{Bi} + R_{Ci} + R_{Mi} + R_{Vi} + R_{Wi} + R_{Zi})$	$10^{-3}$
<p><b>Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile</b></p> $R_3 = \sum_{i=1}^n (R_{Bi} + R_{Vi})$	$10^{-4}$
<p><b>Rischio di perdita economica</b></p> $R_4 = \sum_{i=1}^n (R_{Ai}^{**} + R_{Bi} + R_{Ci} + R_{Mi} + R_{Ui}^{**} + R_{Vi} + R_{Wi} + R_{Zi})$	da valutare con analisi costi/benefici

**NOTE**

- n Numero di zone omogenee della struttura.
- (\*) Solo in caso di strutture a rischio di esplosione, ospedali o altre strutture in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.
- (\*\*) Solo in caso di strutture in cui può verificarsi la perdita di animali.

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

Le componenti di rischio di fulminazione sono funzione delle sorgenti di danno e delle conseguenti possibili perdite:

- ✓  **$N_x$  = numero di eventi pericolosi;**
- ✓  **$P_x$  = probabilità che l'evento possa causare un danno;**
- ✓  **$L_x$  = ammontare delle possibili perdite**

secondo la relazione

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

**$N_x$**  *dipende dalla densità di fulmini al suolo, dalla orografia della zona, dal tipo suolo, dalle caratteristiche geometriche della struttura in esame, dalle linee di energia e telecomunicazione entranti nella struttura e dalla urbanizzazione della zona;*

**$P_x$**  *dipende dalle caratteristiche della struttura in esame, dai servizi entranti e dalle misure di protezione adottate;*

**$L_x$**  *dipende dall'uso cui la struttura è destinata, dalla presenza di persone, dal tipo di servizio pubblico, dal valore dei beni danneggiati e dalle misure di protezione adottate per limitare l'ammontare della perdita.*

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## S1 - FULMINI SULLA STRUTTURA

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

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

$$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C$$

dove

- $N_D$  numero annuo medio di eventi pericolosi dovuti al fulmine sulla struttura;
- $P_A/P_B/P_C$  probabilità che un fulmine sulla struttura causi danni ad esseri viventi per elettrocuzione ( $P_A$ ), danni materiali ( $P_B$ ), guasti degli impianti interni ( $P_C$ );
- $L_A/L_B/L_C$  perdite dovute a danni ad esseri viventi per elettrocuzione ( $L_A$ ), danni materiali ( $L_B$ ), guasti degli impianti interni ( $L_C$ );

## S2 - FULMINI IN PROSSIMITÀ DELLA STRUTTURA

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

dove

- $N_M$  numero annuo medio di eventi pericolosi dovuti al fulmine in prossimità della struttura;
- $P_M$  probabilità che un fulmine in prossimità della struttura causi guasti degli impianti interni;
- $L_M$  perdite dovute a guasti degli impianti interni;

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## S3 - FULMINI SU LINEE (ENERGIA/TLC) ENTRANTI NELLA STRUTTURA

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

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

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

dove

- $N_L$  numero annuo medio di eventi pericolosi dovuti al fulmine sulla linea entrante nella struttura;
- $N_{DJ}$  numero annuo medio di eventi pericolosi dovuti al fulmine su una struttura adiacente alla struttura in esame;
- $P_U/P_V/P_W$  probabilità che un fulmine su una linea entrante nella struttura causi danni ad esseri viventi per elettrocuzione ( $P_U$ ), danni materiali ( $P_V$ ), guasti degli impianti interni ( $P_W$ );
- $L_U/L_V/L_W$  perdite dovute a danni ad esseri viventi per elettrocuzione ( $L_U$ ), danni materiali ( $L_V$ ), guasti degli impianti interni ( $L_W$ );

## S4 - FULMINI IN PROSSIMITÀ DI LINEE (ENERGIA/TLC) ENTRANTI NELLA STRUTTURA

$$R_Z = N_I \cdot P_Z \cdot L_Z$$

dove

- $N_I$  numero annuo medio di eventi pericolosi dovuti al fulmine in prossimità di una linea entrante nella struttura;
- $P_Z$  probabilità che un fulmine in prossimità di una linea entrante nella struttura causi guasti degli impianti interni;
- $L_Z$  perdite dovute a guasti degli impianti interni.

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## NUMERO DI EVENTI PERICOLOSI

TABELLA 3.3 – Numero di eventi pericolosi per fulmini su una struttura ( $N_D$ ) e in prossimità di una struttura ( $N_M$ )

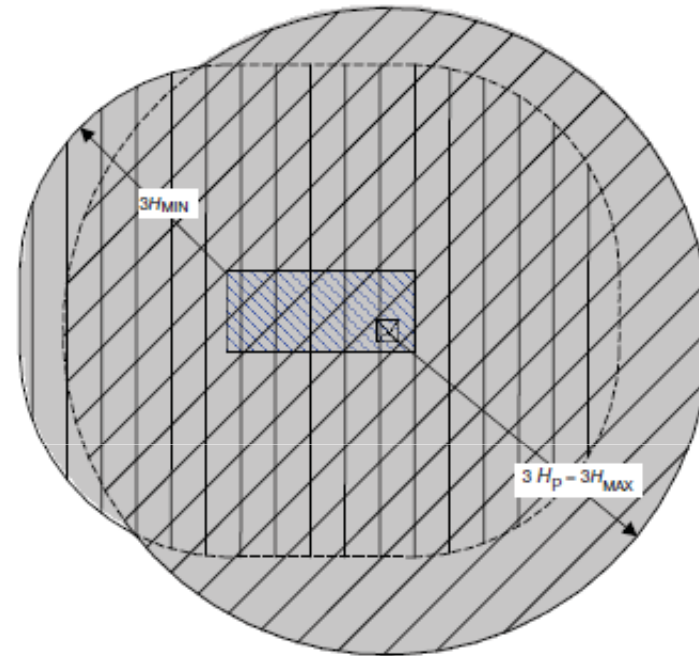
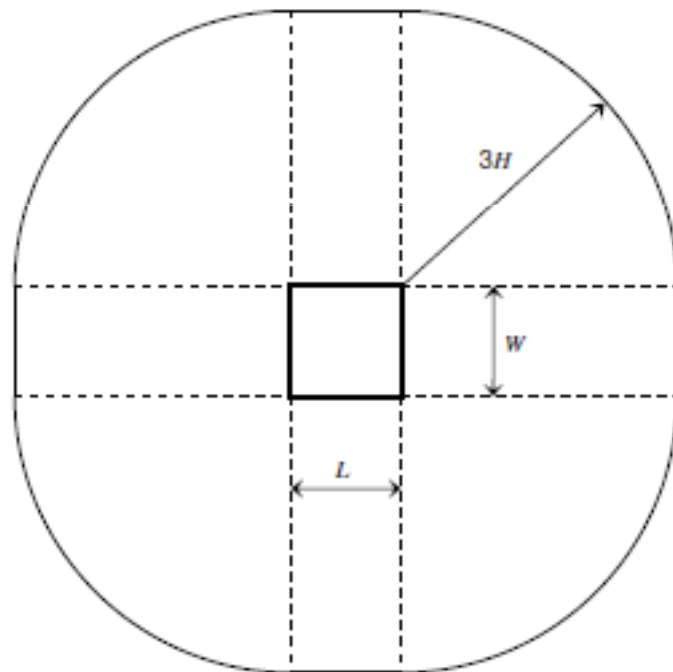
	$N_D$ eventi pericolosi (sorgente di danno S1)
	$N_M$ eventi pericolosi (sorgente di danno S2)
$N_D = N_G \cdot A_D \cdot C_D \cdot 10^{-6}$	$N_G$ densità di fulmini al suolo [ $1/\text{km}^2$ anno]
	$A_D$ area di raccolta della struttura isolata [ $\text{m}^2$ ]
$N_M = N_G \cdot A_M \cdot 10^{-6}$	$A_M$ area di raccolta in prossimità della struttura [ $\text{m}^2$ ]
	$C_D$ coefficiente di posizione
✓ $C_D =$ coefficiente di posizione (Tab. A.1 - CEI 81-10/2)	
0,25	struttura circondata da strutture/oggetti di altezza più elevata
0,5	struttura circondata da strutture/oggetti di altezza uguale o inferiore
1	struttura isolata: nessuna altra struttura/oggetto nelle vicinanze
2	struttura isolata sulla cima di una montagna o di una collina




Il valore  $N_G$  per la zona di interesse potrà essere richiesto al Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) mediante una procedura on-line a pagamento<sup>1</sup> – [denominata CEI ProDis™](#) – di accesso al *database della densità dei fulmini al suolo*.

I dati sono acquisiti mediante il Sistema Italiano Rilevamento Fulmini CESI SIRF® di proprietà del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI SpA).

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

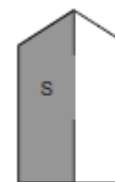
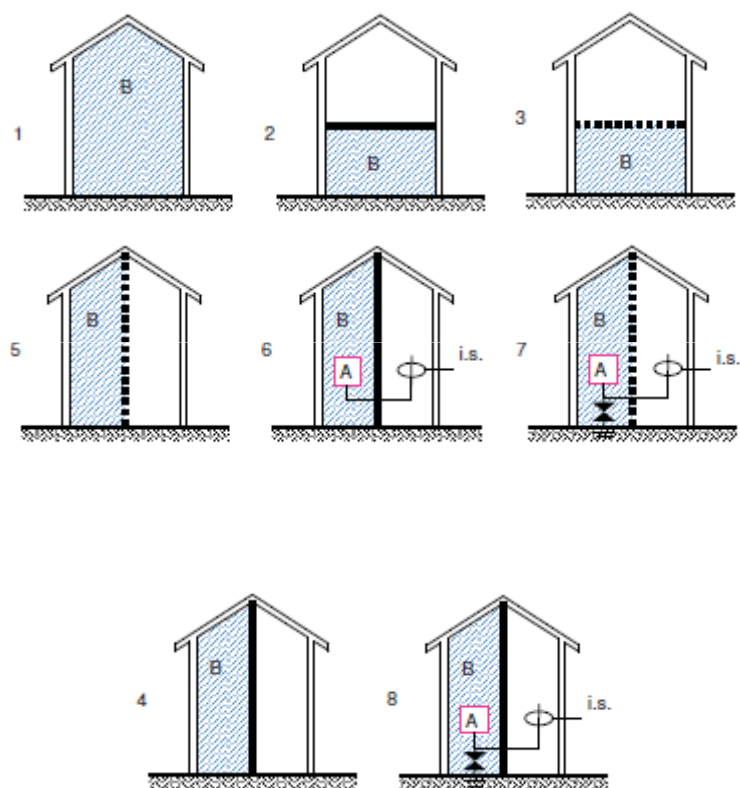
## AREA DI RACCOLTA



- $A_{D_{MIN}}$   Struttura rettangolare dove  $H = H_{MIN}$  Formula (A.2)
- $A_D$   Protusione dove  $H = H_P = H_{MAX}$  Formula (A.3)
- $A_D$   Area di raccolta determinata con metodo grafico

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## AREA DI RACCOLTA (IDENTIFICAZIONE DELLA STRUTTURA)



	B edificio o parte di esso per il quale è richiesta la protezione (la determinazione di $A_0$ è necessaria)
	Parte dell'edificio per la quale non è richiesta la protezione (la determinazione di $A_0$ non è necessaria)
	S struttura da considerare per la valutazione del rischio (per la valutazione di $A_0$ devono essere utilizzate le dimensioni di S)
	compartimentazione REI $\geq 120$
	compartimentazione REI $< 120$
	apparati
	Impianti interni
	SPD

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## NUMERO DI EVENTI PERICOLOSI

TABELLA 3.4 – Numero di eventi pericolosi (sovratensioni) per fulmini su una linea elettrica entrante nella struttura ( $N_L$ ), su una struttura adiacente connessa alla struttura in esame tramite una linea elettrica ( $N_{DJ}$ ) e in prossimità di una linea entrante nella struttura ( $N_I$ )

	$N_L$	eventi pericolosi (sorgente di danno S3)
	$N_{DJ}$	eventi pericolosi (sorgente di danno S3)
	$N_I$	eventi pericolosi (sorgente di danno S4)
$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6}$	$N_G$	densità di fulmini al suolo [ $1/\text{km}^2$ anno]
	$A_L$	area di raccolta della linea [ $\text{m}^2$ ]
$N_{DJ} = N_G \cdot A_{DJ} \cdot C_{DJ} \cdot C_T \cdot 10^{-6}$	$A_{DJ}$	area di raccolta struttura adiacente [ $\text{m}^2$ ]
	$A_I$	area di raccolta in prossimità della linea [ $\text{m}^2$ ]
$N_I = N_G \cdot A_I \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6}$	$C_I$	coefficiente di installazione
	$C_E$	coefficiente ambientale
	$C_T$	coefficiente di linea
	$C_{DJ}$	coefficiente di posizione struttura adiacente



# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## PROBABILITÀ DI DANNO

Le probabilità sono valide se le misure di protezione sono conformi a:

- ✓ **CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3)** per le misure di protezione atte a ridurre i danni ad esseri viventi ed i danni materiali;
- ✓ **CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4)** per le misure di protezione atte a ridurre i guasti degli impianti interni

$S_1$  →  $\left\{ \begin{array}{l} P_A = \text{probabilità che un fulmine sulla struttura causi danni ad essere viventi per elettrocuzione} \\ P_B = \text{probabilità che un fulmine sulla struttura causi danni materiali} \\ P_C = \text{probabilità che un fulmine sulla struttura causi guasti agli impianti interni} \end{array} \right.$

$S_2$  →  $P_M = \text{probabilità che un fulmine in prossimità della struttura causi guasti agli impianti interni}$

$S_3$  →  $\left\{ \begin{array}{l} P_U = \text{probabilità che un fulmine su una linea causi danni ad essere viventi per elettrocuzione} \\ P_V = \text{probabilità che un fulmine su una linea causi danni materiali} \\ P_W = \text{probabilità che un fulmine su una linea causi guasti agli impianti interni} \end{array} \right.$

$S_4$  →  $P_Z = \text{probabilità che un fulmine in prossimità di una linea causi guasti agli impianti interni}$

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## PROBABILITÀ DI DANNO



$P_A$  dipende dall'LPS installato e dalle misure di protezione aggiuntive adottate

$P_B$  dipende dall'LPS installato

$P_C$  dipende dal sistema coordinato di SPD installato

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## PROBABILITÀ DI DANNO



$P_U$  dipende dalle caratteristiche dello schermatura della linea, dalla tensione di tenuta ad impulso degli impianti interni connessi alla linea, dalle misure di protezione quali barriere, cartelli ammonitori, interfacce di separazione o equipotenzializzazione mediante SPD installati all'ingresso della linea

$P_V$  dipende dalle caratteristiche della schermatura della linea, dalla tensione di tenuta ad impulso degli impianti interni connessi alla linea e dalle interfacce di separazione o dalle caratteristiche degli SPD installati

$P_W$  dipende dalle caratteristiche della schermatura della linea, dalla tensione di tenuta ad impulso degli impianti interni connessi al servizio e dalle interfacce di separazione o dal sistema coordinato di SPD installato

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## PROBABILITÀ DI DANNO



$P_M$  dipende dall'LPS, dalle schermature, dalle precauzioni nei percorsi, dall'incremento delle tensioni di tenuta, dalle interfacce di separazione e dai sistemi coordinati di SPD



$P_Z$  dipende dalle caratteristiche della schermatura della linea, dalla tensione di tenuta ad impulso degli impianti interni connessi alla linea e dalle interfacce separazione o dal sistema coordinato di SPD installato

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## PERDITE

### **perdita $L_x$**

ammontare medio della perdita (uomini e beni) conseguente ad un determinato tipo di danno dovuto ad un evento pericoloso, riferito al valore complessivo (uomini e beni) della struttura da proteggere

Il valore complessivo delle possibili perdite ( $L1 \div L4$ ) a seguito di fulmini su una struttura e/o su una linea elettrica dipende dal tipo di danno che causa la perdita, dalle caratteristiche della struttura in esame nonché, mediante opportuni fattori:

- ✓ **perdita di vite umane (L1)**: dalle persone presenti e dal loro tempo di permanenza nella zona ;
- ✓ **perdita di servizio pubblico (L2)**: dal numero di utenti non serviti;
- ✓ **perdita di patrimonio culturale insostituibile (L3)**: dal valore del patrimonio culturale della zona, della struttura e del suo contenuto;
- ✓ **perdita economica (L4)**: dal valore economico di animali, struttura, contenuto, impianti interni ed attività.

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## PERDITE L1

Tipo di danno	Perdita tipica
D1	$L_A = r_t \times L_T \times n_z/n_t \times t_z/8\ 760$
D1	$L_U = r_t \times L_T \times n_z/n_t \times t_z/8\ 760$
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z/n_t \times t_z/8\ 760$
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_z/n_t \times t_z/8\ 760$

$L_T$  = percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1)

$L_F$  = percentuale media di vittime per danno materiale (D2)

$L_O$  = percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (D3)

$r_t$  = coefficiente di riduzione per tipo di terreno o pavimentazione

$r_p$  = coefficiente di riduzione per provvedimenti contro l'incendio

$r_f$  = coefficiente di riduzione per tipo di rischio di incendio/esplosione

$h_z$  = coefficiente di incremento per pericolo particolare

$n_z$  = numero delle persone nella zona

$n_t$  = numero di persone nella struttura

$t_z$  = tempo in ore all'anno per cui le persone sono presenti nella zona

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## STUDIO PARAMETRICO

### DATI PARAMETRICI VARIABILI

Densità di fulminazione – fornita on-line dal CEI, con procedura a pagamento ProDis™, note le coordinate geografiche di ubicazione della struttura

- ✓  $N_G = 2$  [fulmini/km<sup>2</sup> anno]
- ✓  $N_G = 2,5$  [fulmini/km<sup>2</sup> anno]
- ✓  $N_G = 3$  [fulmini/km<sup>2</sup> anno]
- ✓  $N_G = 3,5$  [fulmini/km<sup>2</sup> anno]
- ✓  $N_G = 4$  [fulmini/km<sup>2</sup> anno]

Area in pianta / altezza opificio – cui corrispondono aree di raccolta dei fulmini, che non coincidono con le aree in pianta delle strutture, da calcolare secondo la procedura contenuta nella Norma CEI EN 62305-2

- ✓ struttura E1:  $b \times w = 20 \times 40$  [m x m] = 800 [m<sup>2</sup>],  $h = 6,5$  [m]
- ✓ struttura E2:  $b \times w = 30 \times 60$  [m x m] = 1.800 [m<sup>2</sup>],  $h = 6,5$  [m]
- ✓ struttura E3:  $b \times w = 40 \times 80$  [m x m] = 3.200 [m<sup>2</sup>],  $h = 6,5$  [m]
- ✓ struttura E4:  $b \times w = 50 \times 100$  [m x m] = 5.000 [m<sup>2</sup>],  $h = 6,5$  [m]

Rischio incendio – classificazione funzione del carico specifico di incendio  $q_{f,d}$

- ✓ basso:  $q_{f,d} < 400$  [MJ/m<sup>2</sup>]
- ✓ medio:  $q_{f,d} = 400 \div 800$  [MJ/m<sup>2</sup>]
- ✓ alto:  $q_{f,d} > 800$  [MJ/m<sup>2</sup>]

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## STUDIO PARAMETRICO

---

### DATI STRUTTURALI, IMPIANTISTICI ED ORGANIZZATIVI COSTANTI

---

- strutture isolate – *non circondate da altre strutture entro un distanza pari a 3 volte la loro altezza* – in zona industriale
  - pavimentazione interna di tipo industriale
  - suolo esterno in asfalto
  - linee elettriche in ingresso – *energia bt e telecomunicazioni* – in cavo, non schermato, di lunghezza non nota
  - protezione antincendio con estintori, in caso di rischio incendio basso e medio, e con estintori e rete idrante in caso di rischio incendio alto
  - assenza di protezione contro i fulmini
-



# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FULMINAZIONE

## STUDIO PARAMETRICO

Rischio di fulminazione  $R_1$  ( $10^{-5}$ ) al variare della densità di fulminazione e del rischio di incendio

per un tempo di permanenza delle persone di  
8.760 h/anno

Rischio incendio basso					
struttura	densità fulminazione [fulmini/km <sup>2</sup> anno]				
	$N_G=2$	$N_G=2,5$	$N_G=3$	$N_G=3,5$	$N_G=4$
E1	0,496	0,620	0,744	0,868	0,992
E2	0,540	0,675	0,810	0,945	1,080
E3	0,594	0,743	0,891	1,040	1,188
E4	0,654	0,818	0,981	1,145	1,308
Rischio incendio medio					
struttura	densità fulminazione [fulmini/km <sup>2</sup> anno]				
	$N_G=2$	$N_G=2,5$	$N_G=3$	$N_G=3,5$	$N_G=4$
E1	0,584	0,730	0,876	1,022	1,168
E2	0,636	0,795	0,954	1,113	1,272
E3	0,698	0,873	1,047	1,222	1,396
E4	0,770	0,963	1,155	1,348	1,540
Rischio incendio alto					
struttura	densità fulminazione [fulmini/km <sup>2</sup> anno]				
	$N_G=2$	$N_G=2,5$	$N_G=3$	$N_G=3,5$	$N_G=4$
E1	1,460	1,825	2,190	2,555	2,920
E2	1,590	1,988	2,385	2,783	3,180
E3	1,744	2,180	2,616	3,052	3,488
E4	1,922	2,403	2,883	3,364	3,844

per un tempo di permanenza delle persone di  
4.380 h/anno

Rischio incendio basso					
struttura	densità fulminazione [fulmini/kmq anno]				
	$N_G=2$	$N_G=2,5$	$N_G=3$	$N_G=3,5$	$N_G=4$
E1	0,248	0,310	0,372	0,434	0,496
E2	0,270	0,338	0,405	0,473	0,540
E3	0,297	0,371	0,446	0,520	0,594
E4	0,327	0,409	0,491	0,572	0,654
Rischio incendio medio					
struttura	densità fulminazione [fulmini/kmq anno]				
	$N_G=2$	$N_G=2,5$	$N_G=3$	$N_G=3,5$	$N_G=4$
E1	0,292	0,365	0,438	0,511	0,584
E2	0,318	0,398	0,477	0,557	0,636
E3	0,349	0,436	0,524	0,611	0,698
E4	0,385	0,481	0,578	0,674	0,770
Rischio incendio alto					
struttura	densità fulminazione [fulmini/kmq anno]				
	$N_G=2$	$N_G=2,5$	$N_G=3$	$N_G=3,5$	$N_G=4$
E1	0,730	0,913	1,095	1,278	1,460
E2	0,795	0,994	1,193	1,391	1,590
E3	0,872	1,090	1,308	1,526	1,744
E4	0,961	1,201	1,442	1,682	1,922