

Protezione della costruzione

SCUOLE "VIGHI"

contro i fulmini

Impianto di protezione contro i fulmini

Procedura di calcolo ordinario per la scelta delle misure di protezione secondo la norma CEI 81-1

Progetto

SCUOLE "VIGHI"

Progettista

W.S. srl
Impianti Elettrici
R.Fucini, 4
40033 - Casalecchio di Reno Bo
Tel. 051/61.31.670
Fax 051/57.42.38

Cliente

COMUNE DI

-
Tel.

Fax

W. Srogonista
UFFICIO TECNICO
p.i. REBOTTINI DANIELE

Data

06.04.1999

INDICE

1. Caratteristiche del progetto

1.1 Dati generali

1.2 Dati relativi alle strutture parziali

2. Calcolo

3. Scelta delle misure di protezione

4. Allegato: Area di raccolta

1. Caratteristiche del progetto

1.1 Dati generali

Località

CASALECCHIO DI RENO - BO

Densità di fulmini a terra

$N_t = 2.5$ fulmini/anno km^2

Ubicazione

Terreno pianeggiante

Dimensioni

38.0 m x 17.0 m con una altezza di 5.0 m

Ambiente

Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse ($C = 0,5$)

Costruzione

Pilastri in cemento armato di $6 > d \geq 3m$ ($P_s = 0,05$)

Rivestimento superficiale

vegetale, cemento,...[Resistività superficiale $< 0,5k\Omega mm$] ($P_t = 0,01$)

1.2 Dati relativi alle strutture parziali

Struttura 1

SCUOLA

Destinazione della struttura

Scuola con un' area calpestabile di 646.0 m^2

Tipo di rischio

Perdita di vite umane (Rischio 1)

Perdita economiche (Rischio 4)

Incendio

Carico d'incendio

30.0 kg/m^2 (media pesata per metro quadrato)

Rischio d'incendio

Rischio d'incendio ordinario

Caratteristiche particolari

Pericolo di panico ridotto (Fattore di incremento $r = 2.00$)

Misure di protezione contro l'incendio

Estintori ($K_f = 0,9$)

Vie di fuga ($K_f = 0,7$)

Impianti esterni

Linea 1

ENEL

linea di energia

cavo interrato in Terreno (5 $\Omega \cdot m$) con una lunghezza di 50.0 m

Cavo non schermato ($P_e = 0,8$)

Linea 2

TELECOM

linea di segnale

cavo interrato in Terreno (5 $\Omega \cdot m$) con una lunghezza di 50.0 m

Cavo non schermato ($P_e = 0,8$)

Impianti interni

Note

Non esistono impianti interni sensibili

Linea 1

IMPIANTI ELETTRICI

Cavo non schermato ($P_i = 1$)

Danno medio

Per i valori dei danni medi della struttura vengono usati i valori riportati nelle tabelle 10,14,15,16 della norma CEI 81-4

-
-
-
-
-
-

2. Calcolo

Scelta del livello di protezione dell'LPS

Densità annuale di fulmini

$N_t = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2$

Area di raccolta

$A_d = C \times A = 0.001513 \text{ km}^2$

Coefficiente ambientale

$C = 0.50$ (Situata in un'area con presenza prevalente di strutture più basse)

Frequenza media di fulminazione diretta

$N_d = N_t \times A_d = 0.003784 \text{ fulmini/anno}$

Frequenza tollerabile di fulminazione

$N_a = 0.100000 \text{ fulmini/anno}$

Frequenza media di sovratensioni della linea ENEL

$N_t \times L = 2.5 \times 0.1 = 0.13 \text{ fulmini/km anno}$

Valore limite di sovratensioni della linea ENEL

$N'_i = 1.5 \text{ fulmini/km anno}$

Frequenza media di sovratensioni della linea TELECOM

$N_t \times L = 2.5 \times 0.1 = 0.13 \text{ fulmini/km anno}$

Valore limite di sovratensioni della linea TELECOM

$N'_i = 1.5 \text{ fulmini/km anno}$

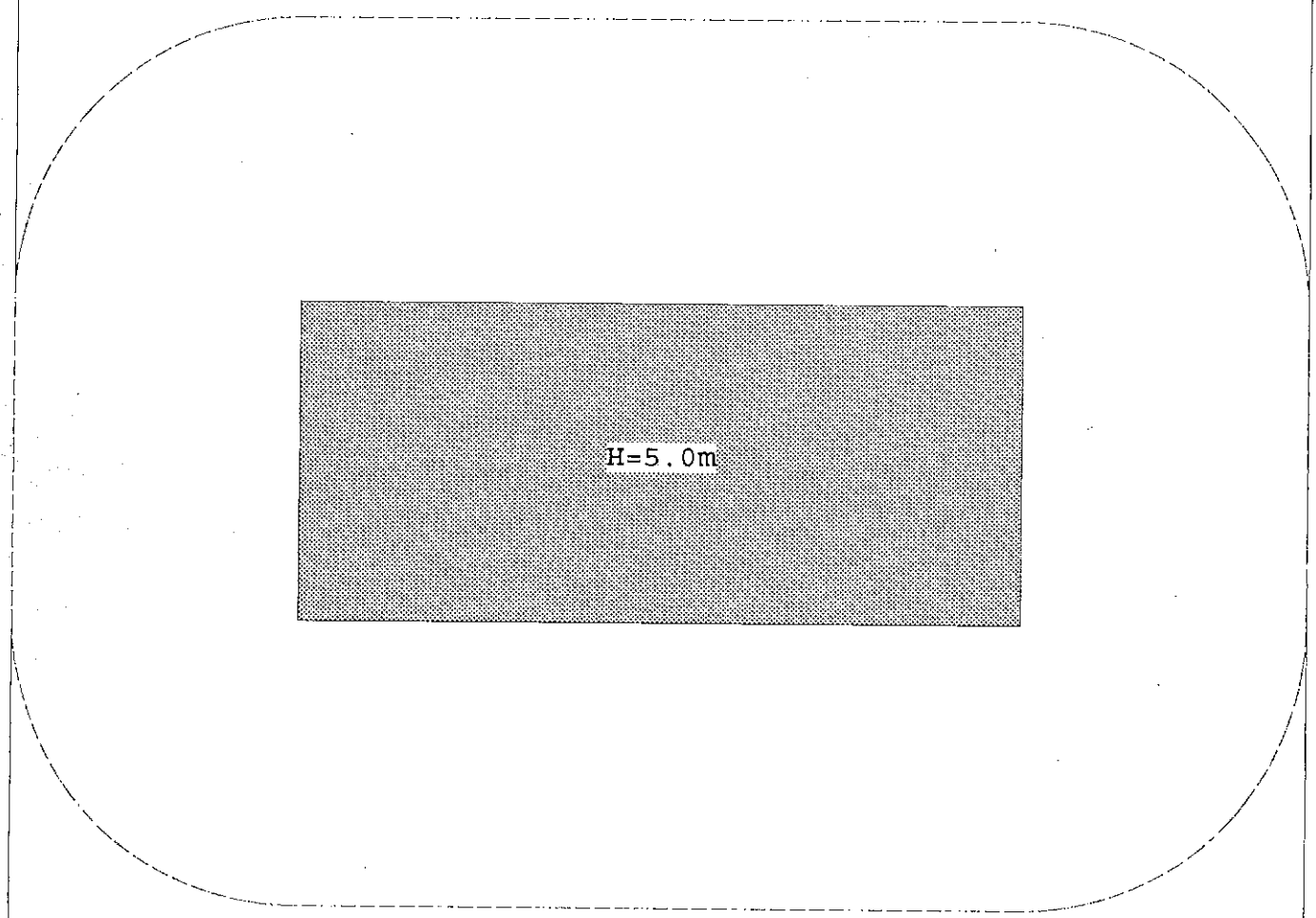
3. Scelta delle misure di protezione

Costruzione autoprotetta

La costruzione è autoprotetta secondo norma CEI 81-1.

Nella "Introduzione" di essa viene però precisato che la sua applicazione riduce il rischio di danno provocato dal fulmine alla costruzione, ma non può evitare il verificarsi di danni a persone e/o cose. Pertanto è da effettuare una valutazione tecnico/ economica per:

- limitare la propagazione dell'incendio e contenerne gli effetti;
- limitare le sovratensioni sui circuiti interni alla struttura.



A diagram showing a large rounded rectangle with a dashed border. Inside this rounded rectangle is a smaller, solid gray rectangle. The text "H=5.0m" is centered within the gray rectangle.

H=5.0m

Allegato: Area di raccolta [A] = 3027 m²

Protezione della costruzione

SCUOLE "VIGHI"

contro i fulmini

Impianto di protezione contro i fulmini

Procedura di calcolo completo per la scelta delle misure di protezione secondo la norma CEI 81-4.

Progetto

SCUOLE "VIGHI"

Progettista

W.S. srl

Impianti Elettrici

R. Fucini, 4

40033 - Casalecchio di Reno Bo

Tel. 051/61.31.670

Fax 051/57.42.38

Cliente

COMUNE DI

-

Tel.

Fax

Progettista

.....

Data

06.04.1999

.....

INDICE

1. Caratteristiche del progetto

1.1 Dati generali

1.2 Dati relativi alle strutture parziali

2. Calcolo

3. Scelta delle misure di protezione

4. Allegato: Area di raccolta

1. Caratteristiche del progetto

1.1 Dati generali

Località

CASALECCHIO DI RENO - BO

Densità di fulmini a terra

$N_t = 2.5$ fulmini/anno km^2

Ubicazione

Terreno pianeggiante

Dimensioni

38.0 m x 17.0 m con una altezza di 5.0 m

Ambiente

Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse ($C = 0.5$)

Costruzione

Pilastri in cemento armato di $6 > d \geq 3$ m ($P_s = 0.05$)

Rivestimento superficiale

vegetale, cemento,... [Resistività superficiale $< 0.5 k\Omega m$] ($P_t = 0.01$)

1.2 Dati relativi alle strutture parziali

Struttura 1

SCUOLA

Destinazione della struttura

Scuola con un' area calpestabile di 646.0 m^2

Tipo di rischio

Perdita di vite umane (Rischio 1)

Perdita economiche (Rischio 4)

Incendio

Carico d'incendio

30.0 kg/m^2 (media pesata per metro quadrato)

Rischio d'incendio

Rischio d'incendio ordinario

Caratteristiche particolari

Pericolo di panico ridotto (Fattore di incremento $r = 2.00$)

Misure di protezione contro l'incendio

Estintori ($K_f = 0.9$)

Vie di fuga ($K_f = 0.7$)

Impianti esterni

Linea 1

ENEL

linea di energia

cavo interrato in Terreno (5 Ωm) con una lunghezza di 50.0 m

Cavo non schermato ($P_e = 0.8$)

Linea 2

TELECOM

linea di segnale

cavo interrato in Terreno (5 Ωm) con una lunghezza di 50.0 m

Cavo non schermato ($P_e = 0.8$)

Impianti interni

Note

Non esistono impianti interni sensibili

Linea 1

IMPIANTI ELETTRICI

Cavo non schermato ($P_i = 1$)

Danno medio

Per i valori dei danni medi della struttura vengono usati i valori riportati nelle tabelle 10,14,15,16 della norma CEI 81-4

2. Calcolo

Rischi dell' impianto esistente Rischi dell'impianto ottimizzato

Rischio 1

Rischio tollerabile

Rischio

Rischio per la fulm. diretta

Componente H

$$\begin{aligned}
 & \underline{Ra} = 1e-005 \\
 & \underline{R} = \underline{Rd} + \underline{Ri} \\
 & = 1.32756e-007 \rightarrow (1.3 \% \text{ di } Ra) \quad = 1.32756e-007 \rightarrow (1.3 \% \text{ di } Ra) \\
 & \underline{Rd} = \underline{H} + \underline{A} + \underline{D} \\
 & = 1.15851e-007 \rightarrow (1.2 \% \text{ di } Ra) \quad = 1.15851e-007 \rightarrow (1.2 \% \text{ di } Ra) \\
 & \underline{H} = \underline{Nd} \times \underline{k1} \times \underline{pt} \times \underline{dt} \\
 & = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di } Ra) \quad = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di } Ra) \\
 & \underline{Nt} = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2 \\
 & \underline{Ad} = C \times A = 0.001513 \text{ km}^2 \\
 & \underline{C} = 0.50 \text{ (Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse)} \\
 & \underline{Nd} = Nt \times Ad = 0.003784 \text{ fulmini/anno} \\
 & \underline{k1} = 1 \text{ (senza LPS)} \quad = 1.00 \text{ (LPS)} \\
 & \underline{pt} = 0.010000 \text{ (vegetale, cemento, ... [Resistività superficiale } < 0,5kOhm])} \\
 & \underline{dt} = 0.000000 \text{ (secondo tabella 10)}
 \end{aligned}$$

Componente A

$$\begin{aligned}
 & \underline{A} = \underline{Nd} \times \underline{Pf} \times [1 - (1 - \underline{k1} \times \underline{ps}) \times (1 - \underline{k5} \times \underline{pe})] \times \underline{df} \times \underline{kf} \times \underline{r} \\
 & = 1.15851e-007 \rightarrow (1.2 \% \text{ di } Ra) \quad = 1.15851e-007 \rightarrow (1.2 \% \text{ di } Ra) \\
 & \underline{Nt} = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2 \\
 & \underline{Ad} = C \times A = 0.001513 \text{ km}^2 \\
 & \underline{C} = 0.50 \text{ (Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse)} \\
 & \underline{Nd} = Nt \times Ad = 0.003784 \text{ fulmini/anno} \\
 & \underline{Pf} = 0.001000 \text{ (Rischio d'incendio ordinario)} \\
 & \underline{k1} = 1 \text{ (senza LPS)} \quad = 1.00 \text{ (LPS)} \\
 & \underline{ps} = 0.0500 \text{ (Pilastrini in cemento armato di } 6 > d \geq 3m) \\
 & \underline{k5 \times pe} = 0.800000 \text{ (valore più elevato: ENEL)} \\
 & \underline{df(tab.10) \times kf(tab.11) \times r(tab.12)} = 0.030000 \times 0.6 \times 2.0 = 0.037800
 \end{aligned}$$

Componente D

$$\begin{aligned}
 & \underline{D} = \underline{Nd} \times (1 - (1 - \underline{k1} \times \underline{pi} \times \underline{k2} \times \underline{k3} \times \underline{ps}) \times (1 - \underline{pe} \times \underline{k4} \times \underline{k5})) \times \underline{do} \\
 & = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di } Ra) \quad = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di } Ra) \\
 & \underline{Nt} = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2 \\
 & \underline{Ad} = C \times A = 0.001513 \text{ km}^2 \\
 & \underline{C} = 0.50 \text{ (Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse)} \\
 & \underline{Nd} = Nt \times Ad = 0.003784 \text{ fulmini/anno} \\
 & \underline{k1} = 1 \text{ (senza LPS)} \quad = 1.00 \text{ (LPS)} \\
 & \underline{pi \times k2 \times k3} = 1.000000 \text{ (valore più elevato: IMPIANTI ELETTRICI)} \\
 & \underline{ps} = 0.0500 \text{ (Pilastrini in cemento armato di } 6 > d \geq 3m) \\
 & \underline{pe \times k4 \times k5} = 0.800000 \text{ (valore più elevato: ENEL)} \\
 & \underline{do(tab.10) \times r(tab.12)} = 0.000000 \times 1.0 = 0.000000
 \end{aligned}$$

Rischio per la fulm. indiretta

$$R_i = M + C + G$$

$$= 1.69047e-008 \rightarrow (0.2 \% \text{ di Ra}) = 1.69047e-008 \rightarrow (0.2 \% \text{ di Ra})$$

Componente M

$$M = (N_t \times k_1 \times p_i \times k_2 \times k_3 \times p_s) \times d_o$$

$$= 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra}) = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra})$$

$N_t = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2$
 $A_m = 0.8 \text{ km}^2$
 $N_m = N_t \times A_m = 2.092201$
 $k_1 = 1 \text{ (senza LPS)} = 1.00 \text{ (LPS)}$
 $p_i \times k_2 \times k_3 = 1.000000 \text{ (valore più elevato: IMPIANTI ELETTRICI)}$
 $p_s = 0.0500 \text{ (Pilastri in cemento armato di } 6 > d \geq 3m)$
 $d_o(\text{tab.10}) \times r(\text{tab.12}) = 0.000000 \times 1.0 = 0.000000$

Componente C

$$C = (\text{Somma}[N_c \times P_c] \times p_f) \times (d_f \times k_f \times r)$$

$$= 1.69047e-008 \rightarrow (0.2 \% \text{ di Ra}) = 1.69047e-008 \rightarrow (0.2 \% \text{ di Ra})$$

$N_t = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2$
 $\text{SCUOLA-ENEL: } N_c \times P_c = 0.000447$
 $\therefore A_c = 0.000224 \text{ km}^2$
 $\therefore N_c = N_t \times A_c = 0.000559 \text{ fulmini/anno}$
 $\therefore P_c = k_5 \times p_e = 1.000 \times 0.800$
 $\text{SCUOLA-TELECOM: } N_c \times P_c = 0 \text{ (Non è una linea di energia)}$
 $\text{Somma}[N_c \times P_c] = 0.000447$
 $P_f = 0.001000 \text{ (Rischio d'incendio ordinario)}$
 $d_f(\text{tab.10}) \times k_f(\text{tab.11}) \times r(\text{tab.12}) = 0.030000 \times 0.6 \times 2.0 = 0.037800$

Componente G

$$G = \text{Somma}[N_g \times (k_2 \times k_3) \times k_4 \times k_5 \times p_e] \times d_o$$

$$= 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra}) = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra})$$

$N_t = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2$
 $k_2 \times k_3 = 1.000000 \text{ (valore più elevato: IMPIANTI ELETTRICI)}$
 $\text{SCUOLA-ENEL: } N_g \times P_g = 0.001000$
 $\therefore A_g = 0.000500 \text{ km}^2$
 $\therefore N_g = N_t \times A_g = 0.001250 \text{ fulmini/anno}$
 $\therefore P_g = (k_2 \times k_3) \times k_4 \times k_5 \times p_e = (1.000) \times 1.000 \times 1.000 \times 0.800$
 $\text{SCUOLA-TELECOM: } N_g \times P_g = 0.001000$
 $\therefore A_g = 0.000500 \text{ km}^2$
 $\therefore N_g = N_t \times A_g = 0.001250 \text{ fulmini/anno}$
 $\therefore P_g = (k_2 \times k_3) \times k_4 \times k_5 \times p_e = (1.000) \times 1.000 \times 1.000 \times 0.800$
 $\text{Somma}[N_g \times P_g] = 0.002000$
 $d_o(\text{tab.10}) \times r(\text{tab.12}) = 0.000000 \times 1.0 = 0.000000$

Rischio 4**Rischio tollerabile****Rischio**

$$Ra = 0.0001$$

$$R = R_d + R_i$$

$$= 6.01309e-006 \rightarrow (6.0 \% \text{ di Ra}) = 6.01309e-006 \rightarrow (6.0 \% \text{ di Ra})$$

Rischio per la fulm. diretta

$$R_d = H + A + D$$

$$= 3.89234e-006 \rightarrow (3.9 \% \text{ di Ra}) = 3.89234e-006 \rightarrow (3.9 \% \text{ di Ra})$$

Componente H

$$H = N_d \times k_1 \times p_t \times d_t$$

$$= 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra}) = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra})$$

$N_t = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2$
 $A_d = C \times A = 0.001513 \text{ km}^2$
 $C = 0.50 \text{ (Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse)}$
 $N_d = N_t \times A_d = 0.003784 \text{ fulmini/anno}$
 $k_1 = 1 \text{ (senza LPS)} = 1.00 \text{ (LPS)}$

pt = 0.010000 (vegetale, cemento,...[Resistività superficiale < 0,5kOhmm])
dt = 0.000000 (secondo tabella 10)

Componente A

$$A = N_d \times P_f \times [1 - (1 - k_1 \times p_s) \times (1 - k_5 \times p_e)] \times d_f \times k_f \times r$$

$$= 8.27506e-007 \rightarrow (0.8 \% \text{ di Ra}) = 8.27506e-007 \rightarrow (0.8 \% \text{ di Ra})$$

Nt = 2.5 fulmini/anno km²

Ad = C x A = 0.001513 km²

C = 0.50 (Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse)

Nd = Nt x Ad = 0.003784 fulmini/anno

Pf = 0.001000 (Rischio d'incendio ordinario)

k1 = 1 (senza LPS)

= 1.00 (LPS)

ps = 0.0500 (Pilastrini in cemento armato di 6 > d >= 3m)

k5 x pe = 0.800000 (valore più elevato: ENEL)

df(tab.10) x kf(tab.11) x r(tab.12) = 0.300000 x 0.9 x 1.0 = 0.270000

Componente D

$$D = N_d \times (1 - (1 - k_1 \times p_i \times k_2 \times k_3 \times p_s) \times (1 - p_e \times k_4 \times k_5)) \times d_o$$

$$= 3.06484e-006 \rightarrow (3.1 \% \text{ di Ra}) = 3.06484e-006 \rightarrow (3.1 \% \text{ di Ra})$$

Nt = 2.5 fulmini/anno km²

Ad = C x A = 0.001513 km²

C = 0.50 (Situata in un' area con presenza prevalente di strutture più basse)

Nd = Nt x Ad = 0.003784 fulmini/anno

k1 = 1 (senza LPS)

= 1.00 (LPS)

pi x k2 x k3 = 1.000000 (valore più elevato: IMPIANTI ELETTRICI)

ps = 0.0500 (Pilastrini in cemento armato di 6 > d >= 3m)

pe x k4 x k5 = 0.800000 (valore più elevato: ENEL)

do(tab.10) x r(tab.12) = 0.001000 x 1.0 = 0.001000

Rischio per la fulm. indiretta

$$R_i = M + C + G$$

$$= 2.12075e-006 \rightarrow (2.1 \% \text{ di Ra}) = 2.12075e-006 \rightarrow (2.1 \% \text{ di Ra})$$

Componente M

$$M = (N_m \times k_1 \times p_i \times k_2 \times k_3 \times p_s) \times d_o$$

$$= 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra}) = 0 \rightarrow (0.0 \% \text{ di Ra})$$

Nt = 2.5 fulmini/anno km²

Am = 0.8 km²

Nm = Nt x Am = 2.092201

k1 = 1 (senza LPS)

= 1.00 (LPS)

pi x k2 x k3 = 1.000000 (valore più elevato: IMPIANTI ELETTRICI)

ps = 0.0500 (Pilastrini in cemento armato di 6 > d >= 3m)

do(tab.10) x r(tab.12) = 0.001000 x 1.0 = 0.001000

Componente C

$$C = (\text{Somma}[N_c \times P_c] \times p_f) \times (d_f \times k_f \times r)$$

$$= 1.20748e-007 \rightarrow (0.1 \% \text{ di Ra}) = 1.20748e-007 \rightarrow (0.1 \% \text{ di Ra})$$

Nt = 2.5 fulmini/anno km²

SCUOLA-ENEL: Nc x Pc = 0.000447

Ac = 0.000224 km²

Nc = Nt x Ac = 0.000559 fulmini/anno

Pc = k5 x pe = 1.000 x 0.800

SCUOLA-TELECOM: Nc x Pc = 0 (Non è una linea di energia)

Somma[Nc x Pc] = 0.000447

$$Pf = 0.001000 \text{ (Rischio d'incendio ordinario)}$$

$$\underline{df(tab.10) \times kf(tab.11) \times r(tab.12)} = 0.300000 \times 0.9 \times 1.0 = 0.270000$$

Componente G

$$\underline{G = Somma[Nq \times (k2 \times k3) \times k4 \times k5 \times pe] \times do}$$

$$= 2e-006 \rightarrow (2.0 \% \text{ di Ra}) \quad = 2e-006 \rightarrow (2.0 \% \text{ di Ra})$$

$$\underline{Nt} = 2.5 \text{ fulmini/anno km}^2$$

$$\underline{k2 \times k3} = 1.000000 \text{ (valore più elevato: IMPIANTI ELETTRICI)}$$

$$\underline{SCUOLA-ENEL: Nq \times Pg} = 0.001000$$

$$\underline{:- Ag} = 0.000500 \text{ km}^2$$

$$\underline{:- Ng} = Nt \times Ag = 0.001250 \text{ fulmini/anno}$$

$$\underline{:- Pg} = (k2 \times k3) \times k4 \times k5 \times pe = (1.000) \times 1.000 \times 1.000 \times 0.800$$

$$\underline{SCUOLA-TELECOM: Nq \times Pg} = 0.001000$$

$$\underline{:- Ag} = 0.000500 \text{ km}^2$$

$$\underline{:- Ng} = Nt \times Ag = 0.001250 \text{ fulmini/anno}$$

$$\underline{:- Pg} = (k2 \times k3) \times k4 \times k5 \times pe = (1.000) \times 1.000 \times 1.000 \times 0.800$$

$$\underline{Somma[Nq \times Pg]} = 0.002000$$

$$\underline{do(tab.10) \times r(tab.12)} = 0.001000 \times 1.0 = 0.001000$$

3. Scelta delle misure di protezione

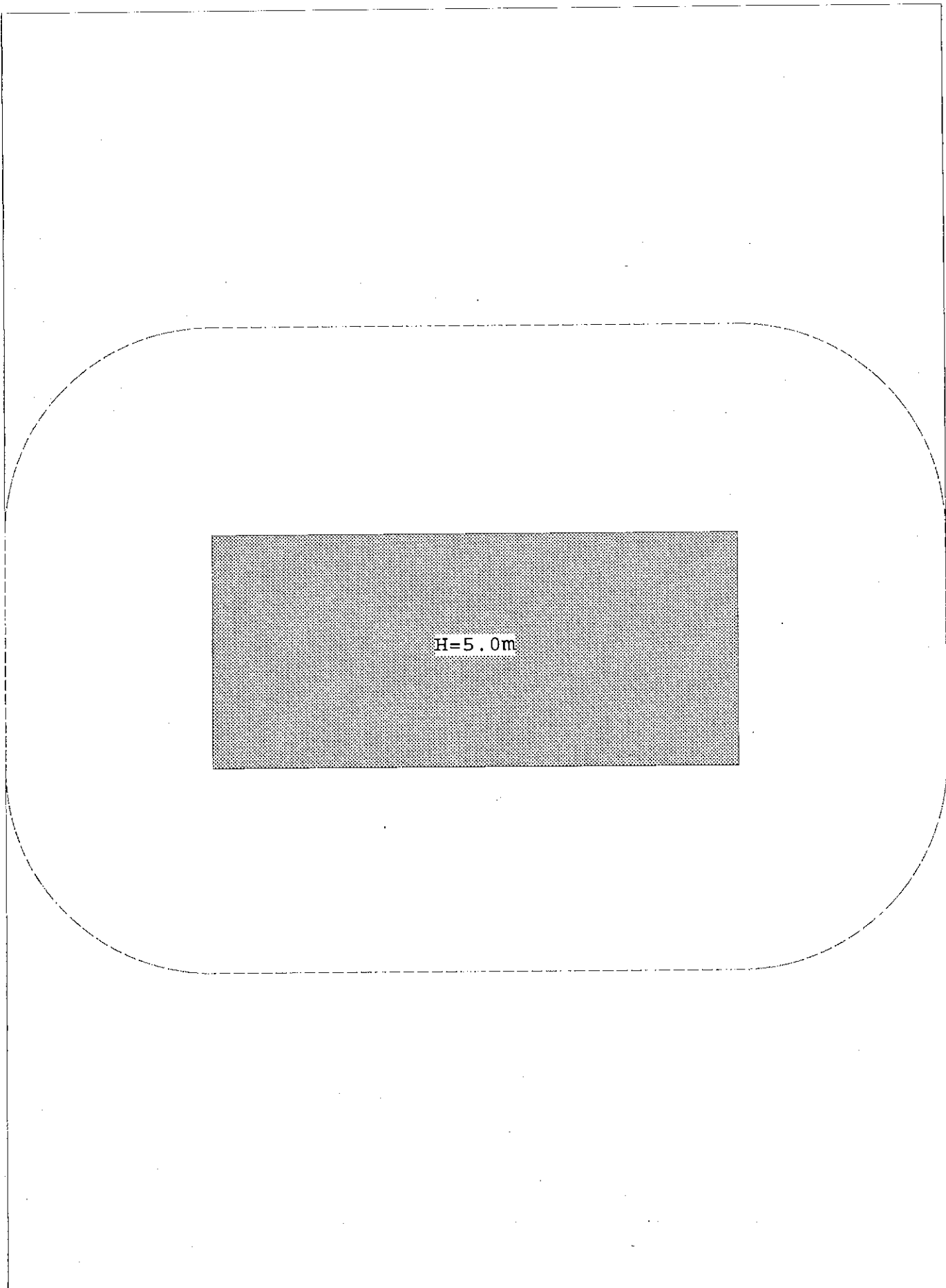
Costruzione autoprotetta

La costruzione è autoprotetta secondo la norma sperimentale CEI 81-4.

Comunque è da effettuare una valutazione tecnico/economica per:

- limitare la propagazione dell'incendio e contenerne gli effetti;
- limitare le sovratensioni sui circuiti interni alla struttura,

in quanto il calcolo probabilistico della suddetta norma sperimentale ne fornisce solo un'integrazione alla norma CEI 81-1, dove viene precisato nella "Introduzione" che la sua applicazione riduce il rischio di danno provocato dal fulmine alla costruzione, ma non può evitare il verificarsi di danni a persone e/o cose.



A diagram showing a large rectangle with rounded corners. Inside this rectangle is a smaller, solid gray rectangle. The text "H=5.0m" is centered within the gray rectangle.

H=5.0m

Allegato: Area di raccolta [A] = 3027 m²