



# CITTA' DI TORINO

## SCUOLA MATERNA "BORGARELLO" N°5 Corso Sicilia, 24 – TORINO

### OPERE DI ADEGUAMENTO NORMATIVO FUNZIONALE E TECNICO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Titolare dell'Attività :

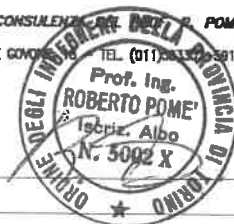


AZIENDA  
ENERGETICA  
METROPOLITANA  
TORINO S.p.A.

Il progettista :

## teksystem

STUDIO ASSOCIATO DI PROGETTAZIONE E CONSULENZA  
SEDE OPERATIVA: 10129 TORINO - CORSO GENERALE GOVONE, 101  
TEL. (011) 2611200-2611901



## PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO

CALCOLO DI VERIFICA PROTEZIONE  
CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

NOME FILE G01-E SCALA PLOT 1=1

RIFERIMENTO

SCALA /

REV	MODIFICHE	DATA	DISEGNATORE
0	EMISSIONE	MAR. 2002	

ELABORATO  
**G01**

Nel presente documento è riportata l'analisi del problema della protezione contro le scariche atmosferiche per la Scuola Materna "BORGARELLO" in Corso Sicilia, 24 a TORINO.

Lo studio, comprendente i calcoli e le valutazioni esposte nel seguito, è stato sviluppato in conformità alla norma CEI 81-1 III edizione - fascicolo 2697 e relativa variante V1 - fascicolo 2943 ed alla norma CEI 81-4 I edizione - fascicolo 2924 e, quando - nel corso dell'elaborazione - si è reso necessario introdurre delle approssimazioni e/o delle semplificazioni, queste sono sempre state assunte in termini cautelativi e cioè a vantaggio della maggior sicurezza dei risultati.

Il procedimento prevede - in generale - la valutazione del rischio in relazione alle seguenti tipologie:

- rischio di tipo 1 connesso alla perdita di vite umane;
- rischio di tipo 2 connesso alla perdita inaccettabile di servizio pubblico;
- rischio di tipo 3 connesso alla perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- rischio di tipo 4 connesso con perdite economiche.

Le componenti di rischio considerate derivano da fulminazione diretta:

- H per tensioni di passo e contatto all'esterno;
- A per incendio all'interno;
- D per sovratensioni su impianti interni / esterni;

e/o da fulminazione indiretta:

- C per incendio all'interno
- G per sovratensioni sugli impianti interni;
- M per sovratensioni sugli impianti interni per fulmini a terra in prossimità della struttura.

La tabella 1 delle norme CEI 81-4 fascicolo 2924 - Dicembre 1996 - associa a ciascuno dei quattro tipi di rischio precedentemente elencati le relative possibili componenti di rischio.

Per ciascuna delle tipologie sovraesposte, l'effettivo rischio della struttura in esame è valutato con:

$$R = R_d + R_i$$

con:  $R_d = H+A+D$   
 $R_i = M+C+G$

Valgono inoltre le seguenti definizioni:

- $H = F_{tx} \delta t = N_{dx} K_1 x_{pt} x_{\delta t} = N_{tx} C_x A_x K_1 x_{pt} x_{\delta t}$

- dove:
- $N_d$  = numero medio annuo di fulminazioni dirette della struttura;
  - $p_t$  = valore dipendente dalla resistività superficiale del suolo fino a 5 m all'esterno della struttura (vd. tabella 3 delle norme CEI 81-4);
  - $K_1$  =  $1-E = 1-(1-N_a/N_d) = N_a/N_d$   
dove  $N_a$  è il valore della frequenza di fulminazione tollerabile in funzione del tipo di struttura (vd. tabella G.2 delle norme CEI 81-1);
  - $\delta t$  = danno medio tipico da tensioni di contatto e passo (vd. tabelle 10-14-15-16 delle norme CEI 81-4);
  - $N_t$  = densità annua di fulmini a terra (vd. norme CEI 81-3);
  - $A$  = area di raccolta della struttura isolata;
  - $C$  = coefficiente ambientale (vd. tabella G.1 delle norme CEI 81-1).

- $A = F_{ax} \delta f = N_{dx} P_{ax} P_{fx} \delta f = N_{tx} C_x A_x [1-(1-K_1 x_{ps}) (1-K_5 x_{pe})] x_{Pf} x_{\delta f}$

- dove:
- $p_s$  = valore della probabilità parziale di danno in relazione alla costituzione della struttura (vd. tabella 5 delle norme CEI 81-4);
  - $K_5$  = fattore secondo tabella 8 delle norme CEI 81-4;
  - $p_e$  = valore della probabilità parziale in funzione del tipo di condutture esterne (vd. tabella 7 della norma CEI 81-4);
  - $P_f$  = valore della probabilità che una scarica pericolosa inneschi un incendio o un'esplosione (vd. tabella 9 delle norme CEI 81-4).

- $$D = Fdx\delta_0 = NdxPdx\delta_0 = NtxCxAx[1 - (1 - K1xK2xK3xpsxpi) (1 - K4xK5xpe)]x\delta_0$$

dove: -  $K2$  = fattore secondo tabella 8 delle norme CEI 81-4;

-  $K3$  = fattore secondo tabella 8 delle norme CEI 81-4;

-  $K4$  = fattore secondo tabella 8 delle norme CEI 81-4;

-  $pi$  = valore della probabilità parziale in funzione del tipo di condutture interne (vd. tabella 6 delle norme CEI 81-4).

-  $\delta_0$  = valore del danno medio tipico da sovratensioni sugli impianti interni in relazione al tipo di struttura (vd. tabelle 10-14-16 delle norme CEI 81-4).
- $$M = Fmx\delta_0 = NmPxmx\delta_0 = NtxAmxK1xK2xK3xpsxpix\delta_0$$

dove: -  $Am$  = differenza fra l'area racchiusa da una linea posta alla distanza di 500 m dal bordo della struttura ( $A_{500}$ ) e l'area  $Ad$ , cioè:  
 $Am = A_{500} - CxA$  (se  $Am < 0$  si assume  $Am = 0$ ).
- $$C = Fcx\delta f = Pfx\delta fx \sum NckxPck = Pfx\delta fx \sum NtxAcxK5xpe$$

dove: -  $Ac$  = area di raccolta per fulminazione diretta sulla linea (vd. tabella 2 delle norme CEI 81-4).
- $$G = Fgx\delta_0 = \delta_0 \sum NgxPg = \delta_0 NtxAgxK2xK3xK4xK5xpe$$

dove: -  $Ag$  = area di raccolta per fulminazione indiretta della linea (vd. tabella 2 delle norme CEI 81-4).

Relativamente al coefficiente  $\delta f$  per il rischio di tipo 1 esistono il fattore riduttivo  $K_f$  (per la presenza di misure di protezione contro le conseguenze dell'incendio) ed il fattore di incremento  $r$  per la presenza di pericoli particolari, rispettivamente esposti nelle tabelle 11 e 12/14 delle norme CEI 81-4.

Anche relativamente ai rischi di tipo 2-3-4 i valori del coefficiente  $\delta f$ , nonché di  $\delta_0$ , sono modificabili secondo "Kf" ed "r" per situazioni particolari.

In termini generali conclusivi la struttura richiede una specifica protezione contro i fulmini quando per un certo tipo di rischio si ha almeno una delle seguenti condizioni:

- $R_d = H + A + D > R_a$  protezione contro la fulminazione diretta;
- $R_d \leq R_a$  ma  $R_i = M + C + G > R_a$  protezione contro le fulminazioni indirette.

Ed anche, in altri termini:

- . rischio imputabile alle tensioni di passo e di contatto  $R_t = H$ ;
- . rischio imputabile all'incendio  $R_f = A + C$ ;
- . rischio imputabile alle sovratensioni sugli impianti interni  $R_o = D + M + G$ .

## 2)- CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA

Si riportano qui di seguito le principali caratteristiche della struttura in esame e/o ad essa associate; ulteriori dati secondari potranno comunque essere riportati nel corso della trattazione, in corrispondenza del loro effettivo impiego nei calcoli.

- Località della struttura : TORINO
  - Densità annua di fulmini a terra  $N_t = 4$
  - Dimensioni della struttura approssimate per eccesso :
    - .  $L \times W$  = lunghezza x larghezza in pianta = 30x50 m
    - .  $H$  = altezza massima, comprensiva di eventuali antenne e/o sporgenze. = 12 m
  - Presenza di strutture vicine :
    - . struttura cautelativamente considerata come in presenza di edifici di altezza uguale od inferiore entro una distanza pari a 3 volte la sua altezza
- e conseguentemente  $C =$  coefficiente ambientale = 0,5
- Destinazione della struttura : immobile adibito a scuola
  - Tipi di rischio : perdita di vite umane (tipo 1)  
perdite economiche (tipo 4)
  - Presenza di pericoli particolari: panico ridotto ( $r = 2$ )
  - Misure di protezione per ridurre le conseguenze dell'incendio : estintori, vie di fuga, impianti di segnalazione incendi manuali ( $K_f = 0,9 \times 0,7 \times 0,7 = 0,441$ )
  - Valore del rischio tollerabile  $R_a$  :
    - . per tipo 1 = 0,00001
    - . per tipo 4 = 0,06 (che si ritiene adeguato in relazione al valore dei beni presenti).
  - Carico d'incendio :  $\leq 45$  Kg/m
  - Rischio di incendio : ordinario ( $P_f = 0,001$ )
  - Tipo di costruzione : mattoni, muratura e quindi  $p_s = 0,8$

- Tipo di rivestimento superficiale del terreno : asfalto ( $\rho_t = 0,00001$ )
- Resistività del suolo :  $> 50 \text{ k}\Omega\text{m}$
- Tipi di impianti esterni : condutture non schermate (situazione cautelativa e quindi  $\rho_e = 0,8$ )
- Tipi di corpi metallici esterni: tubazioni metalliche idriche, del gas e tecnologiche collegate al dispersore
- Tipo di impianti interni : condutture non schermate ( $\rho_i = 1$ )

### 3) - TIPI DI RISCHIO E RELATIVE COMPONENTI

Come già anticipato nel capitolo precedente, per la struttura in esame si è considerata la presenza dei seguenti rischi:

- perdita di vite umane (rischio 1);
- perdite economiche (rischio 4).

Secondo la tabella 1 delle norme CEI 81-4 le componenti di rischio da prendere in considerazione sono le seguenti:

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| . rischio di tipo 1 | H - A - C         |
| . rischio di tipo 4 | A - D - M - G - C |



#### 4) - CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA

##### 4.1 AREA DI RACCOLTA Ad

L'area di raccolta Ad della struttura viene calcolata come prodotto dell'area di raccolta della struttura isolata A per il coefficiente ambientale C, quindi:

$$- Ad = CxA$$

L'area A, secondo quanto esposto nel paragrafo G.3.1, può essere calcolata con la relazione:

$$- A = [LxW+6H(L+W) + 9\pi xH^2]/10^6$$

e nel caso specifico si ottiene:

$$\begin{aligned} - A &= 0,011332 \quad \text{Km} \\ - Ad &= 0,005666 \quad \text{Km} \end{aligned}$$

##### 4.2 AREA DI RACCOLTA AM

Occorre calcolare l'area A500 per la quale si ottiene il valore:

$$- A500 = 1,0815 \quad \text{Km}$$

e quindi:

$$- Am = A500 - Ad = 1,075834 \quad \text{Km}$$

##### 4.3 AREE DI RACCOLTA Ac e Ag

Tali aree dipendono dalla presenza di linee elettriche nelle vicinanze della struttura.

Ponendo:

l = lunghezza della linea fra la struttura in esame ed il primo nodo della rete (con il massimo di 1.000 m), assunta pari a 150 m;

p = resistività del terreno = 50KΩxm;

si ottengono:

- per linee interrate :  $A_c = 2x\sqrt{\rho x l / 10^6} = 0,067082$  Km

$$A_g = 2x\rho x l / 10^6 = 15 \quad \text{Km}$$

## 5) - CALCOLO DELLE COMPONENTI DEL RISCHIO

Dopo aver esposto i criteri generali e le caratteristiche essenziali della struttura in esame si può procedere al calcolo delle singole componenti di rischio specifiche della situazione in oggetto.

### 5.1 Rischio di tipo 1

#### 5.1.1 *Componente H*

$$H = Nt \cdot Ad \cdot K1 \cdot pt \cdot \delta t$$

dove :	.	Nt	=	4
	.	Ad	=	0,005666
	.	K1	=	1 (considerando inesistente l'impianto LPS)
	.	pt	=	0,00001
	.	$\delta t$	=	0,01

$$\text{Si ottiene } H = 0,000000002$$

#### 5.1.2 *Componente A*

$$A = Nt \cdot Ad \cdot [1 - (1 - K1 \cdot ps)(1 - K5 \cdot pe)] \cdot Pf \cdot \delta f$$

dove :	.	Nt	=	4
	.	Ad	=	0,005666
	.	K1	=	1 (considerando inesistente l'impianto LPS)
	.	ps	=	0,1
	.	K5	=	1
	.	pe	=	0,8
	.	Pf	=	0,001
	.	$\delta f$	=	$0,03 \times 0,441 \times 2 = 0,02646$

$$\text{Si ottiene } A = 0,000000492$$

#### 5.1.3 *Componente C*

$$C = Pf \cdot \delta f \cdot \sum Nt \cdot Ac \cdot K5 \cdot pe$$

dove :	.	Pf	=	0,001
	.	$\delta f$	=	0,02646
	.	Nt	=	4
	.	Ac	=	0,067082
	.	K5	=	1

$$pe = 0,8$$

$$\text{Si ottiene } C = 0,000005680$$

Quanto sovraesposto costituisce l'insieme delle componenti di rischio per il tipo 1.

Ai fini delle altre tipologie di rischio alcune componenti risultano diverse, ed in particolare si considerano i valori che seguono nel successivo paragrafo.

## 5.2 Rischio di tipo 4

In relazione all'assunzione di :

$$\begin{aligned} \delta f &= 0,3 \times 0,9 \times 0,7 = 0,189 \\ \delta o &= 0,001 \\ \delta t &= 0 \end{aligned}$$

si ottengono:

$$\begin{aligned} - A &= 0,000003512 \\ - D &= 0,000018584 \\ - M &= 0,003442669 \\ - C &= 0,000040571 \\ - G &= 0,048 \end{aligned}$$

## 6) - CALCOLO DEI RISCHI

Sulla base dei valori calcolati nel paragrafo 5) è possibile il calcolo dei vari rischi, e cioè:

- rischio per fulminazione diretta della struttura =

$$R_d = H+A$$

- rischio per fulminazione indiretta della struttura =

$$R_i = C+M+G$$

- rischio complessivo =

$$R = R_d+R_i$$

- rischio per tensione di passo e di contatto =

$$R_t = H$$

- rischio per incendio =

$$R_f = A+C$$

- rischio per sovratensioni =

$$R_o = D+G+M$$

- rischio complessivo =

$$R = R_t+R_f+R_o$$

I risultati numerici risultano i seguenti:

### 6.1 Rischio di tipo 1

$$R_d = 0,000000494$$

$$R_i = 0,000005680$$

$$R_t = 0,000000002$$

$$R_f = 0,000006172$$

$$R_o = 0$$

$$R = 0,000006174$$

## 6.2 Rischio di tipo 4

Rd	=	A+D	=	0,000022096
Ri	=	C+G+M	=	0,051483240
Rt	=	0		
Rf	=	A+C	=	0,000044083
Ro	=	D+G+M	=	0,051461253
R	=	0,051505336		

## 7) - VALUTAZIONE DEI RISULTATI

In funzione dei valori calcolati nel paragrafo 6) e di quelli tollerabili individuati per la specifica struttura nel paragrafo 2), si rileva che:

- Rischio di tipo 1 :

$$R = 0,000006174$$

$$R_a = 0,00001$$

- Rischio di tipo 4 :

$$R = 0,051505336$$

$$R_a = 0,06$$

In tutti i casi quindi, R è inferiore a  $R_a$  e ciò consente di ritenere la struttura autoprotetta e di non dover procedere con la necessità di realizzare un impianto di protezione specifico, cioè la protezione artificiale contro i fulmini non è necessaria.

La scelta di impiegare limitatori di sovratensione (scaricatori) in corrispondenza almeno dell'interruttore generale dell'impianto elettrico ha quindi avuto motivazioni non di carattere normativo, ma di qualità di configurazione ai fini dell'affidabilità di esercizio e della protezione delle apparecchiature elettroniche presenti: è dunque una scelta opzionale che si è ritenuto di adottare in funzione dell'elevato rapporto fra vantaggi a costo d'installazione.

Ovviamente tale soluzione consentirà di ridurre significativamente il valore di R anche per il rischio di tipo 4 e quindi di innalzare il valore economico dei beni presenti.