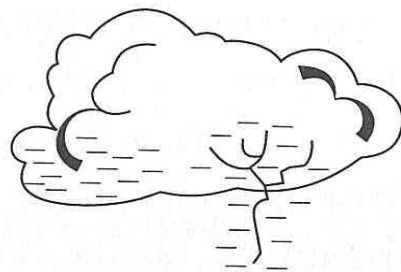


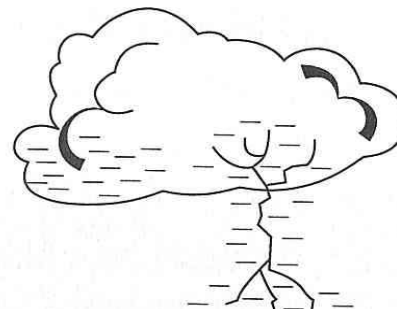
PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

PERCHE' IL FULMINE ?



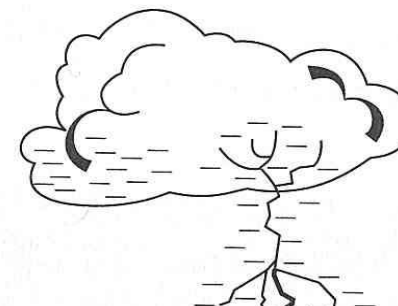
+++++

a)



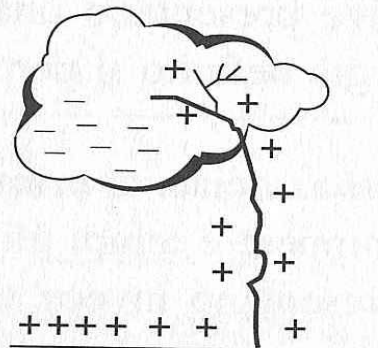
+++++

b)



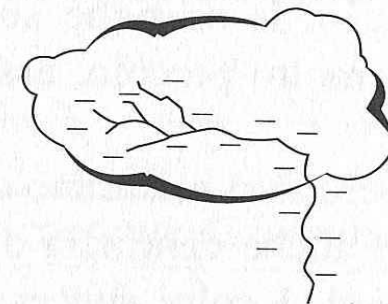
+++++

c)



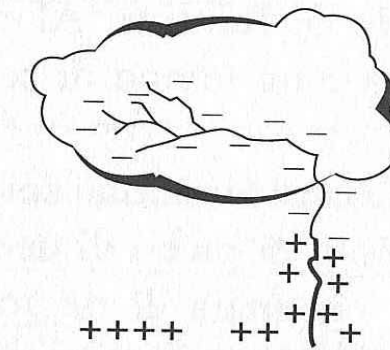
+++++

d)



+++++

e)



+++++

f)

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

TENSIONE DI PASSO



V_{po} = tensione di passo a vuoto;
 V_p = tensione di passo.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

NORMA CEI 81-10/2

**PER VERIFICARE SE UNA STRUTTURA DEVE ESSERE
PROTETTA CONTRO GLI EFFETTI DELLE SCARICHE
ATMOSFERICHE È NECESSARIO PROCEDERE ALLA
VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA FULMINAZIONE**



PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

NORME C.E.I.

per verificare se una struttura metallica è “di notevoli dimensioni” occorre procedere alla “**valutazione del rischio**”




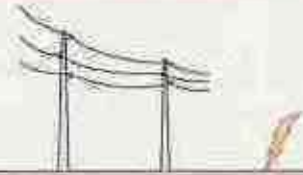
con la procedura indicata dalla **Norma CEI 81-10/2**

Se il rischio calcolato (R) è inferiore a quello tollerato dalla Norma ($R_t = 10^{-5}$), la struttura non è da considerare di notevoli dimensioni, ovvero è una

STRUTTURA AUTOPROTETTA

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE


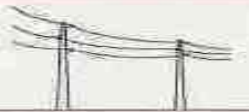
RELAZIONE TRA SORGENTE DI DANNO (S1, S2, S3, S4),
TIPO DI DANNO (D1, D2, D3) E TIPO DI PERDITA (L1, L2, L3, L4)

Punto di impatto	Sorgente di danno	Tipo di danno	Tipo di perdita	Componenti di rischio
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽¹⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _A , R _U , R _Z
	S2	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _M
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _V , R _U , R _W
	S4	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _Z

⁽¹⁾ Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture in cui guasti di impianti interni provocano direttamente la perdita di vite umane.

⁽²⁾ Nel caso di strutture ad uso agricolo (perdita di animali).

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Punto di impatto	Sorgente di danno	Tipo di danno	Tipo di perdita	Componenti di rischio
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽¹⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _A , R _M , R _C
	S2	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _M
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _D , R _V , R _M
	S4	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	R _Z

⁽¹⁾ Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture in cui guasti di impianti interni provocano direttamente la perdita di vite umane.

⁽²⁾ Nel caso di strutture ad uso agricolo (perdita di animali).

S1: Fulminazione diretta della struttura

S2: Fulminazione indiretta della struttura

S3: Fulminazione diretta di una linea elettrica di energia e/o segnale entrante nella struttura

S4: Fulminazione indiretta di una linea elettrica di energia e/o segnale entrante nella struttura

D1: Danni ad esseri viventi (persone ed animali)

D2: Danni fisici (incendi, esplosioni, rilascio di sostanze tossiche ecc...)

D3: Avarie di apparecchiature elettriche ed elettroniche

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)

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

COMPONENTI DI RISCHIO DA CONSIDERARE PER OGNI TIPO DI PERDITA

Componente di rischio Rischio per tipo di perdita	Sorgenti di danno							
	Fulminazione diretta della struttura S1			Fulminazione indiretta della struttura S2	Fulminazione diretta della linea entrante S3			Fulminazione indiretta della linea entrante S4
	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
R ₁	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
R ₂	-	X	X	X	-	X	X	X
R ₃	-	X	-	-	-	X	-	-
R ₄	X ⁽²⁾	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X

⁽¹⁾ Solo per strutture con rischio di esplosione, per ospedali con apparecchiature essenziali per la vita umana e per edifici in genere in cui l'avarità di apparecchiature elettriche ed elettroniche può causare direttamente la perdita di vite umane.

⁽²⁾ Solo per edifici agricoli in cui vi sia possibilità di perdita di animali.

X : Si considera la componente di rischio indicata in testa alla colonna.

- : Non si considera la componente di rischio indicata in testa alla colonna.

RA: Danni ad esseri viventi per tensioni di contatto e di passo (fulminazione diretta struttura)

RB: Danni fisici causati da incendio e/o esplosioni (fulminazione diretta struttura)

RC: Danni ad impianti interni (elettrici ed elettronici) della struttura (fulminazione diretta struttura)

RM: Danni ad impianti interni (elettrici ed elettronici) della struttura (fulminazione indiretta struttura)

RU: Danni ad esseri viventi per tens. di contatto all'interno della struttura (fulminazione diretta linea entrante)

RV: Danni fisici causati da incendio e/o esplosioni (fulminazione diretta linea entrante)

RW: Danni ad impianti interni (elettrici ed elettronici) della struttura (fulminazione diretta linea entrante)

RZ: Danni ad impianti interni (elettrici ed elettronici) della struttura (fulminazione indiretta linea entrante)

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

VALORE DEL RISCHIO TOLLERABILE

<i>Tipo di perdita</i>	R_T
1. Perdita di vite umane ⁽¹⁾	10^{-5}
2. Perdita inaccettabile di servizio pubblico ⁽²⁾	10^{-3}
3. Perdita di patrimonio culturale insostituibile ⁽³⁾	10^{-3}

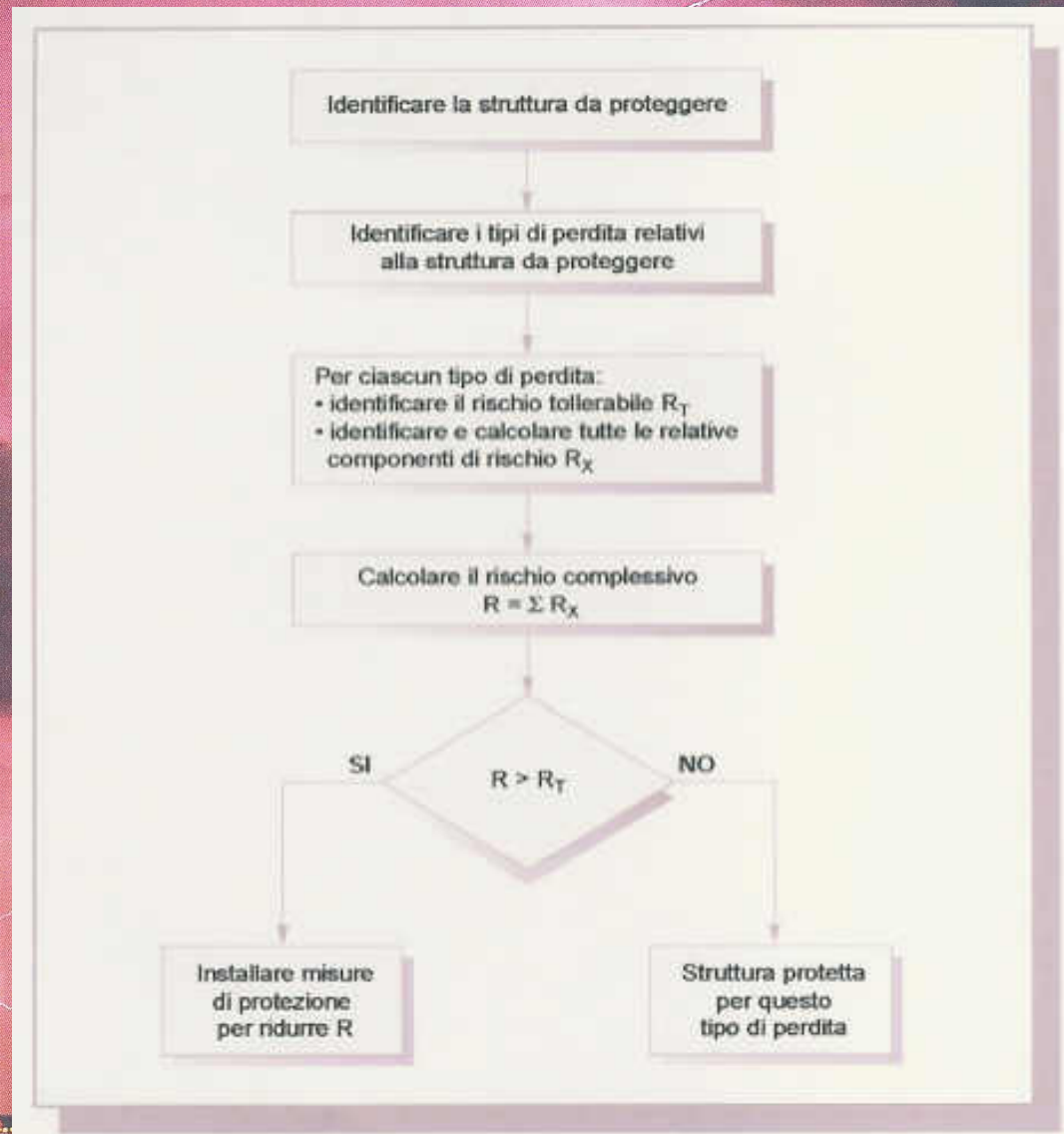
⁽¹⁾ Danno inteso come numero di morti all'anno, riferito al numero totale di persone esposte al rischio (per esemplificare, questo valore significa che la norma accetta la morte di una persona ogni centomila persone per danni dovuti al fulmine).

⁽²⁾ Danno inteso come prodotto del numero di utenti non serviti per la durata annua del disservizio, riferito al numero totale degli utenti serviti all'anno.

⁽³⁾ Danno inteso come valore annuo dei beni perduti, riferito al valore totale dei beni esposti al rischio.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

PROCEDURA PER VALUTARE LA NECESSITA' DELLA PROTEZIONE



PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

ANALISI DEL RISCHIO

PER LE STRUTTURE METALLICHE ALL'APERTO

Il rischio relativo al fulmine che colpisce una struttura metallica di cantiere si riferisce alla sola perdita di vite umane (R1), a causa delle tensioni di contatto e di passo essendo trascurabile il rischio di incendio.

Il rischio relativo alle tensioni di contatto e passo è trascurabile se:

- nei pressi della struttura (3 metri) la presenza di persone è molto bassa;**
- se il terreno presenta una elevata resistività superficiale (5 k Ω m), ad esempio 5 cm di asfalto o 15 cm di ghiaia.**

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Se il terreno ha una resistività inferiore a (5 kΩm), occorre calcolare il rischio R1 e la componente di rischio da considerare è la componente “A” ovvero morte di persone a causa delle tensioni di contatto e passo per fulminazione diretta della struttura.

La componente di rischio R_A vale:

$$R_A = N_D P_A r_a L_t$$

dove:

N_D è la frequenza di fulminazione diretta della struttura (fulmini/anno);

P_A è la probabilità di danno ad essere viventi;

r_a è il coefficiente di riduzione secondo il tipo di suolo;

L_t è il valore della perdita media annua per tensioni di contatto e di passo.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

La frequenza di fulminazione N_D vale:

$$N_D = N_t C_d A_d$$

dove:

N_t è il valore di fulmini a terra per Km^2 ;

C_d è il coefficiente di posizione;

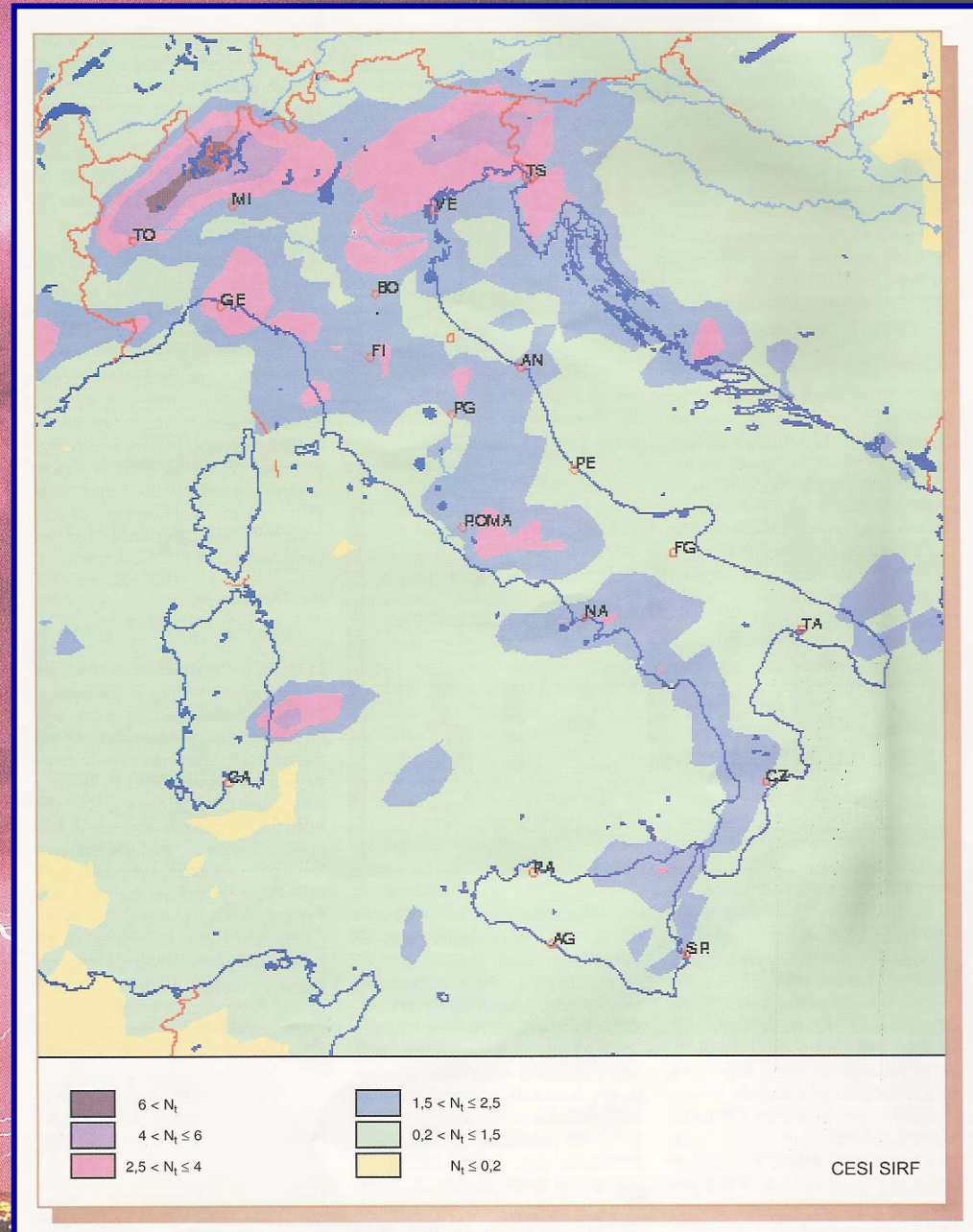
A_d è l'area di raccolta della struttura.



PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

ANDAMENTO DEI
VALORI DI N_t SUL
TERRITORIO ITALIANO
PER L'ANNO 2001

N_t = N° DI FULMINI A TERRA
PER ANNO E PER Km²



PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

VALORI DI N_t DEL
TERRITORIO ITALIANO
SECONDO LA NORMA
CEI 81-3

N_t = N° DI FULMINI A TERRA
PER ANNO E PER Km²



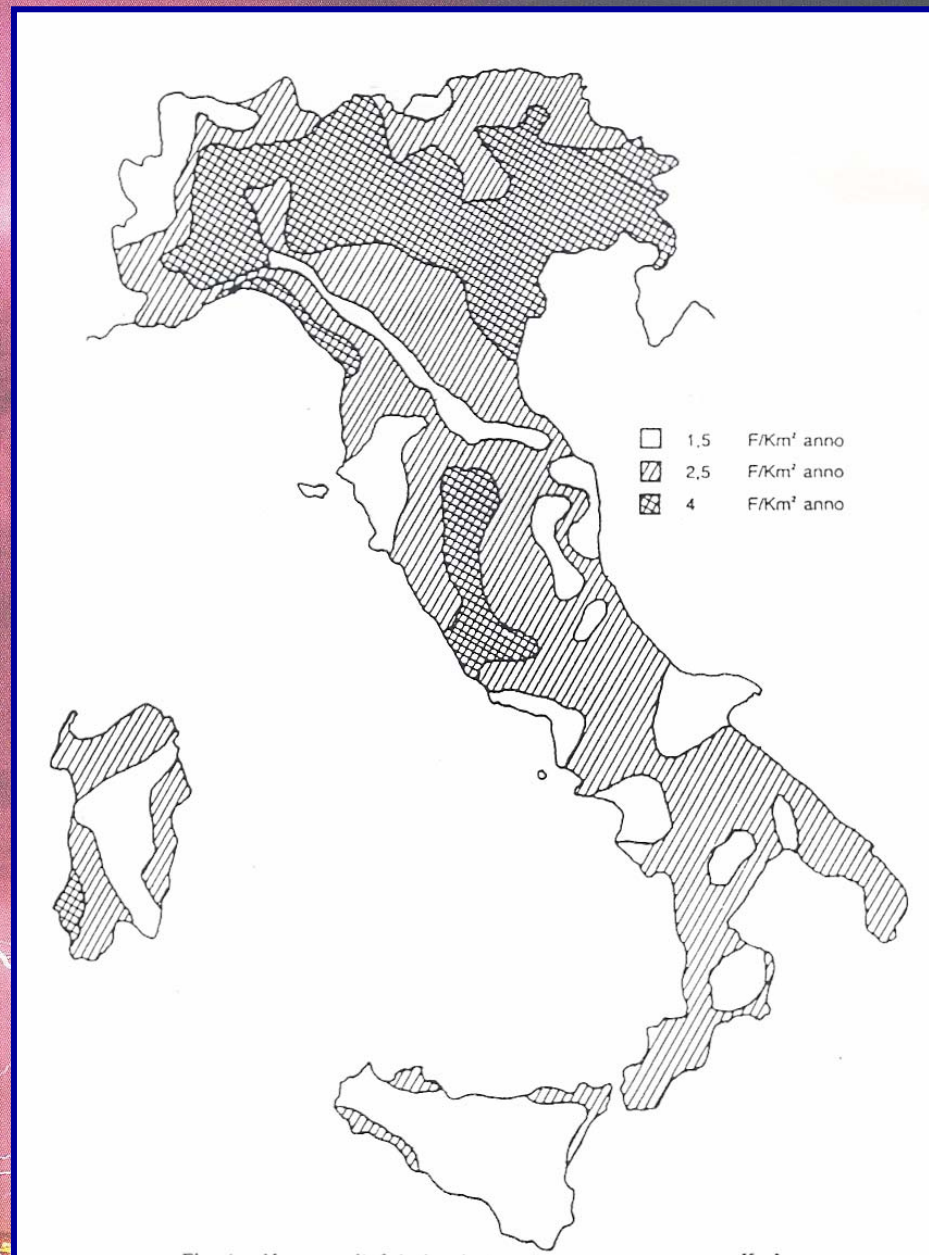
$N_t = 1,5$ F/Km² anno



$N_t = 2,5$ F/Km² anno

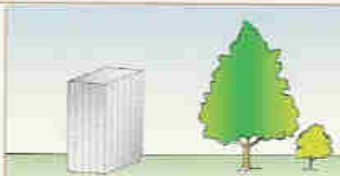
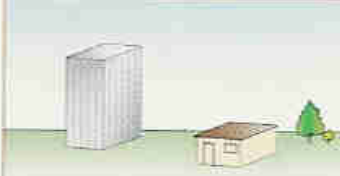
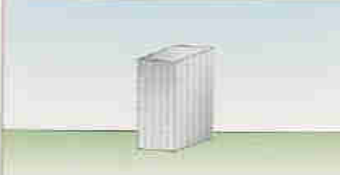



$N_t = 4$ F/Km² anno



PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Tabella 1 - Determinazione del coefficiente di posizione C_d .

<i>Disposizione relativa della struttura</i>		C_d
Struttura situata in un'area con alberi o strutture di altezza maggiore		0,25
Struttura situata in un'area con alberi o strutture di altezza minore o uguale		0,5
Struttura isolata: non esistono alberi o strutture		1
Struttura isolata sulla cima di una collina o di una montagna		2

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

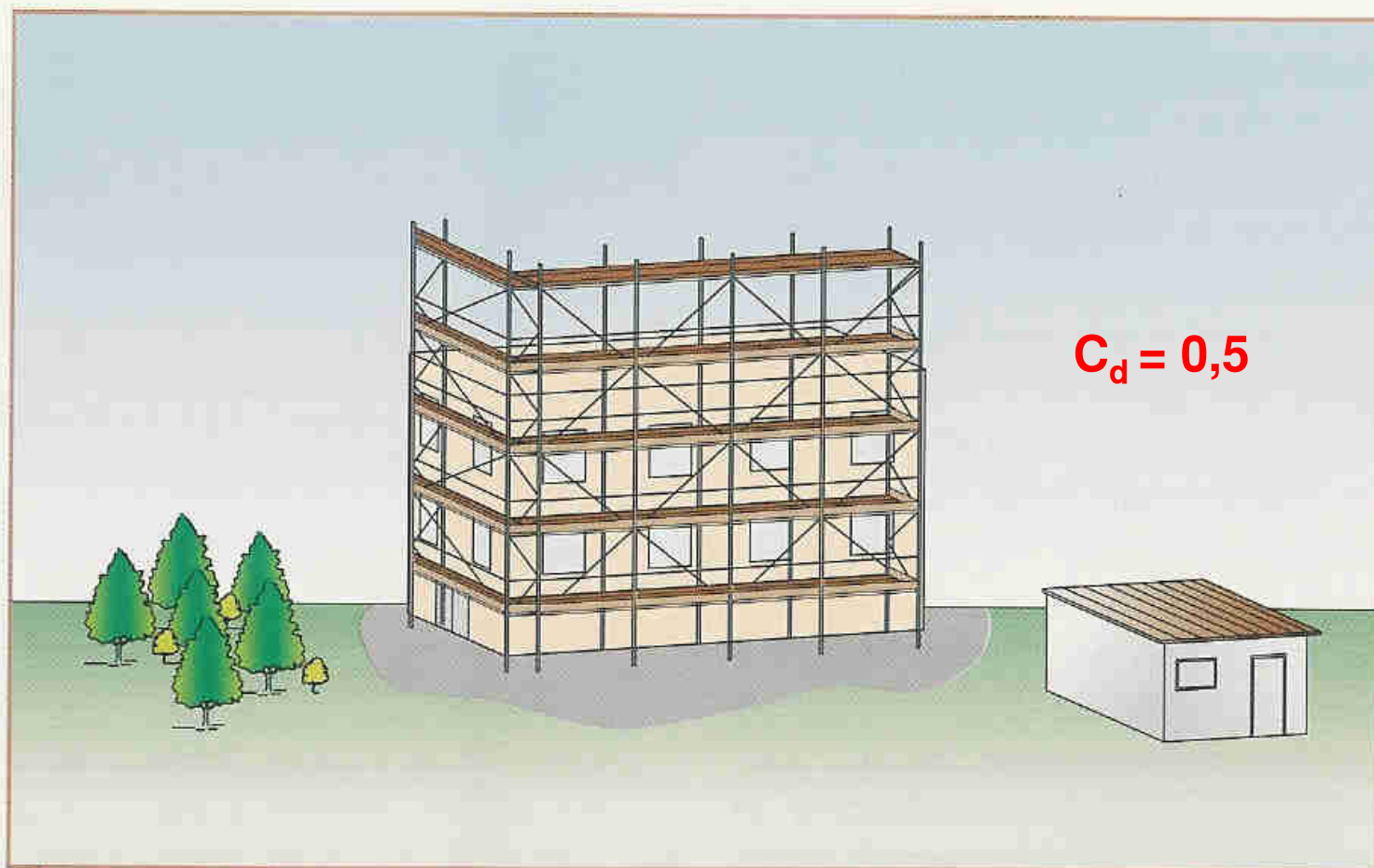


Fig. 2 - Il ponteggio ha un'altezza superiore alle strutture circostanti.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

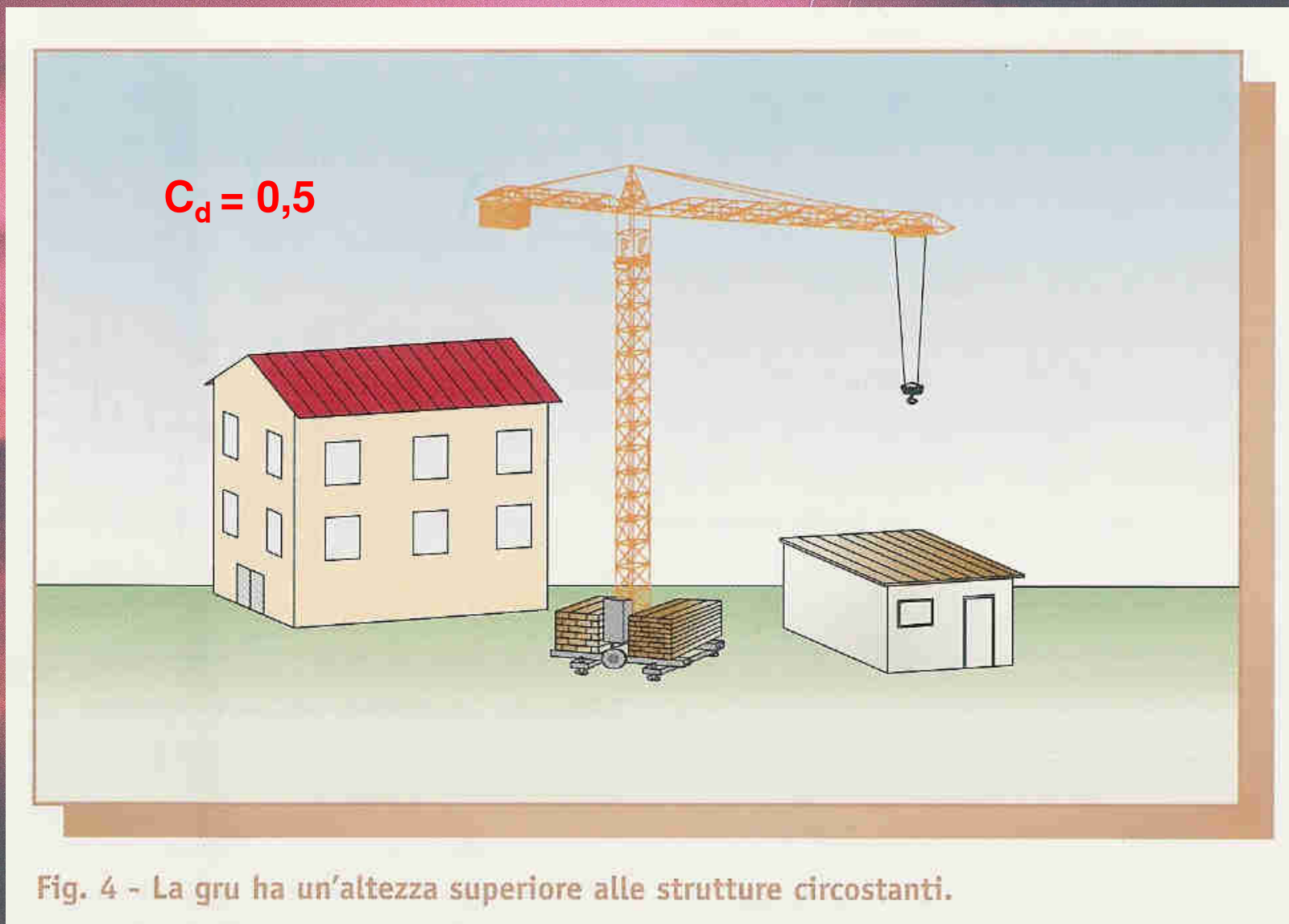


Fig. 4 - La gru ha un'altezza superiore alle strutture circostanti.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

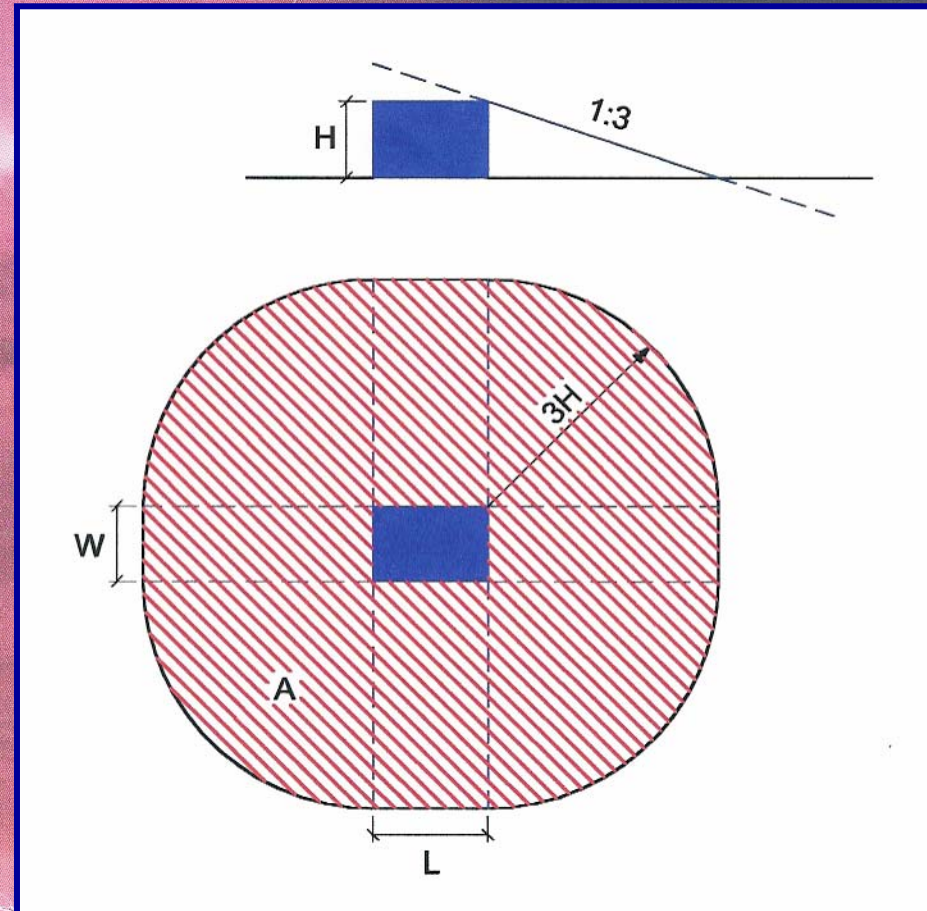
L'area di raccolta **A** di una struttura parallelepipedica si calcola con la relazione:

$$A = L \cdot W + 6 \cdot H(L + W) + 9 \cdot \pi \cdot H^2$$

L = Lunghezza della struttura

W = Larghezza della struttura

H = Altezza della struttura



A = Area di raccolta (m^2)

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Tabella 2 - Valori di probabilità P_A che un fulmine causi danno ad esseri viventi per tensioni di contatto e di passo.

<i>Misure di protezione</i>	<i>Agisce su</i>	P_A
Nessuna misura di protezione	-	1
Isolamento elettrico della struttura	Tensione di contatto	10^{-2}
Equipotenzializzazione del suolo	Tensione di passo	10^{-2}
Cartelli ammonitori	Tensione di contatto e di passo	10^{-1}
Barriere	Tensione di contatto e di passo	0

Tabella 3 - Determinazione del coefficiente di riduzione r_a .

<i>Tipo di suolo (esempi)</i>	<i>Resistenza di terra dell'elettrodo di prova ($k\Omega$) ⁽¹⁾</i>	r_a
Vegetale, cemento	< 1	0,01
Marmo, ceramica	1 ÷ 10	0,001
Pietrisco, moquette, tappeto	10 ÷ 100	0,0001
Asfalto, linoleum, legno	> 100	0,00001

⁽¹⁾ Elettrodo di 400 cm^2 , premuto al suolo con una forza di 500 N.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

VALORE DELLE PERDITE L_t

Il valore delle perdite L_t indica l'ammontare medio relativo della perdita di vite umane dovute a tensioni di contatto e di passo su base annua.

Il valore di L_t può essere valutato mediante la seguente relazione:

$$L_t = (n_p / n_t) \cdot (t_p / 8760)$$

dove:

n_p è il numero delle possibili vittime;

n_t è il numero atteso di persone nella struttura;

t_p è il tempo all'anno espresso in ore, per cui le persone sono presenti nel luogo pericoloso all'esterno della struttura;

8760 è il numero di ore in un anno.

Assumere $L_t = 1$ significa considerare in pericolo tutte le persone presenti per 24 ore su 24 per 365 giorni all'anno. La norma suggerisce di assumere $L_t = 0,01$.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

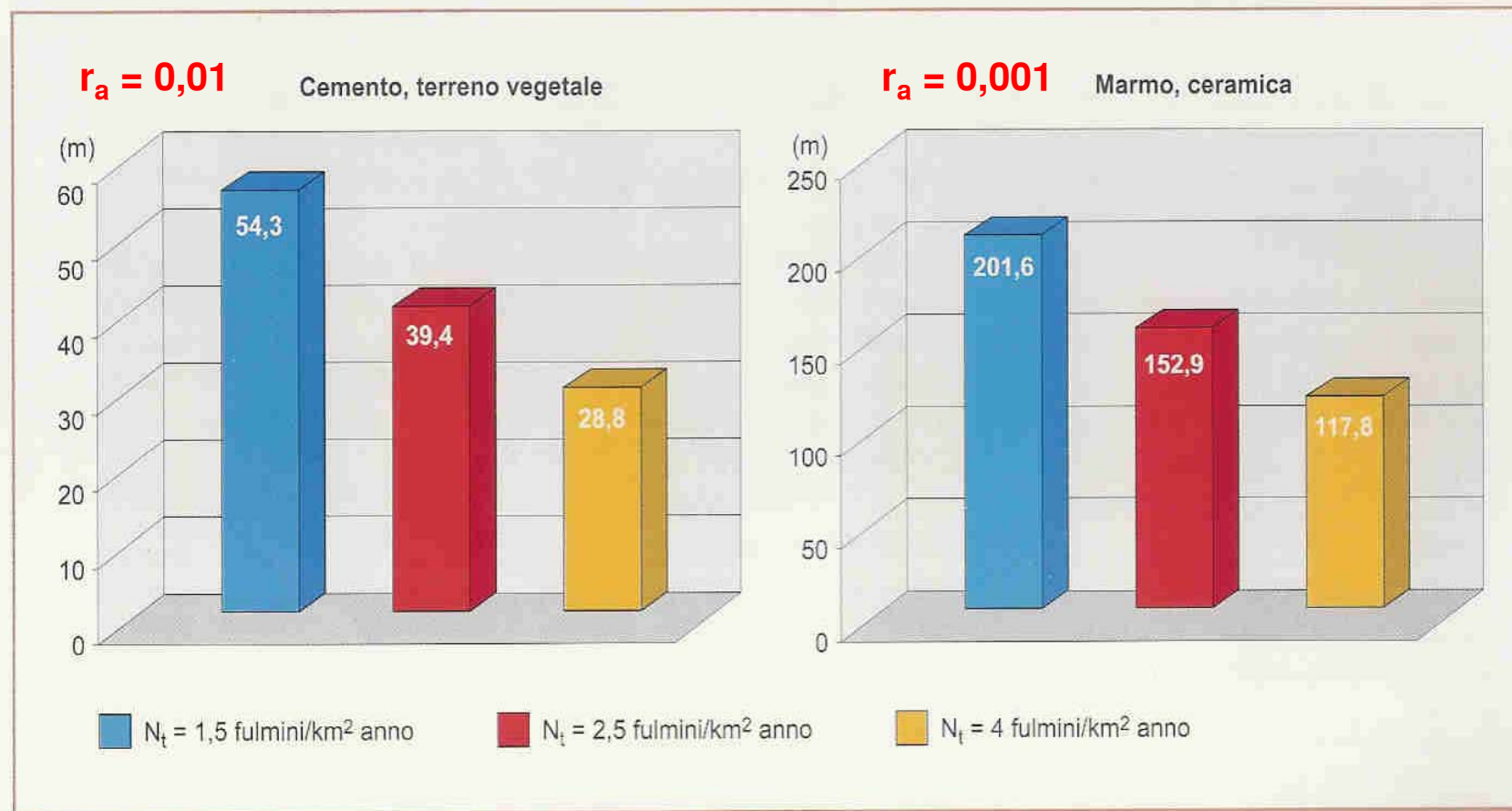


Fig. 3 - Altezza di un ponteggio (largo 2 m e lungo 150 m) oltre la quale occorre adottare misure di protezione ($C_d = 0,5$).

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

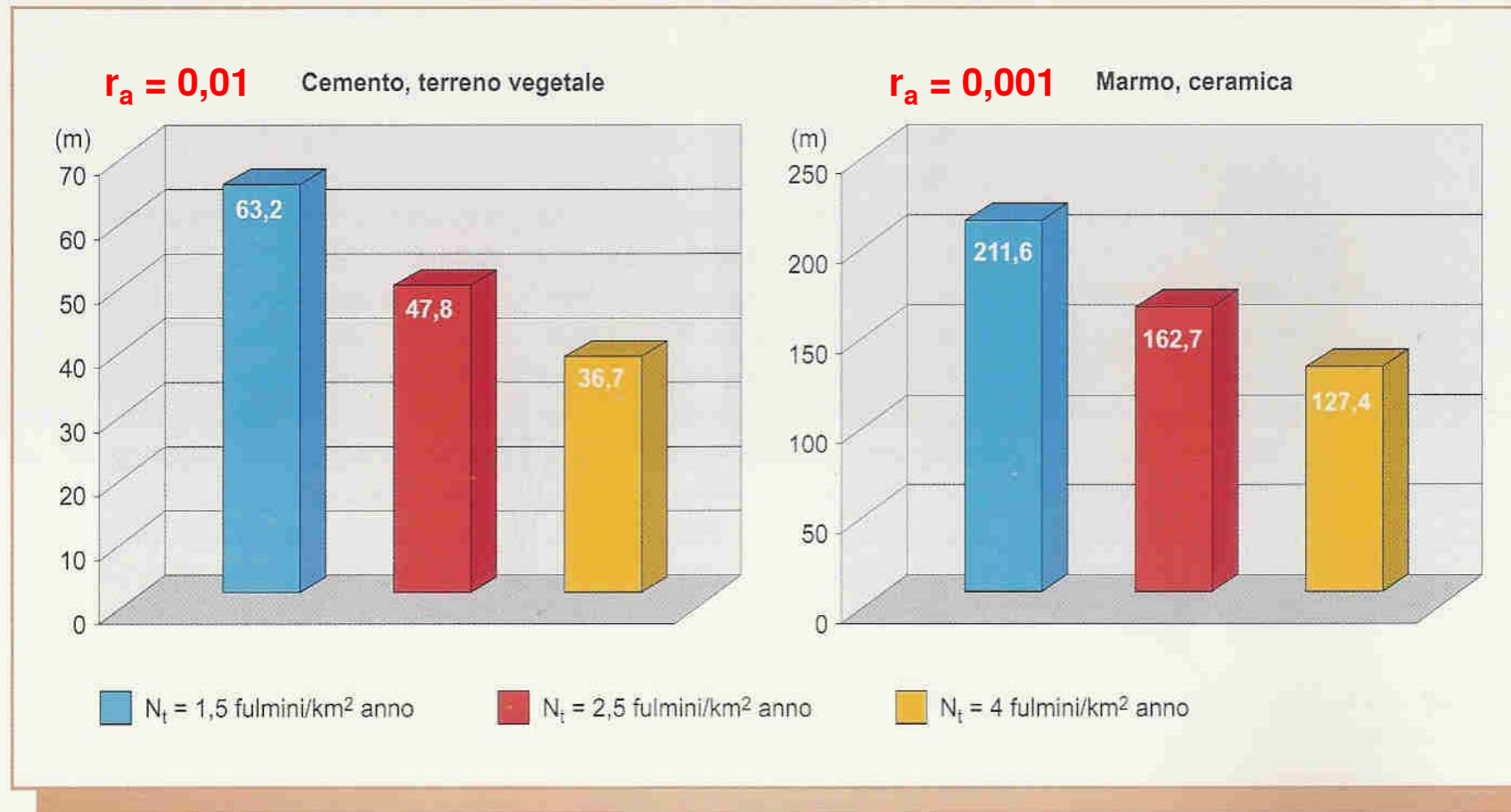


Fig. 5 - Altezza di una gru (larghezza del braccio 1,5 m e lunghezza del braccio 52 m) oltre la quale occorre adottare misure di protezione ($C_d = 0,5$).

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Qualora dalla valutazione del rischio da fulminazione le strutture metalliche all'aperto non risultino protette le stesse devono essere collegate direttamente a terra contro le scariche atmosferiche con le modalita previste dalla norma CEI 81-10.

Ogni struttura metallica deve avere almeno due calate e se le stesse hanno un notevole sviluppo perimetrale e consigliabile un collegamento a terra ogni 25 metri circa con corde di rame aventi sezione di almeno di 35 mm².

I collegamenti tra l'impianto di messa a terra e le strutture metalliche devono essere realizzati con appositi morsetti e capicorda che assicurino robustezza e adeguata superficie di contatto.

Tutti i dispersori devono essere interconnessi tra loro con corda di rame nuda interrata a profondità superiore a 50 cm. Per limitare le tensioni di passo è consigliabile la realizzazione di un impianto di terra ad anello.

Tutte le masse, le masse estranee e le strutture metalliche devono essere collegate ad un unico impianto di messa a terra.

PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

**DIMENSIONI MINIME DA
ASSEGNARE ALLE VARIE
PARTI DELL'LPS ESTERNO**

CAPTATORI





CALATE

DISPERSORI

Tabella 6 — Dimensioni minime per captatori e calate

Tipo di elettrodo		Materiale			
		Acciaio zincato a caldo	Alluminio in lega	Rame	
Nastro	Spessore (mm)	2	3	2	
	Sezione (mm ²)	60	60	40	
Tondino o conduttore massiccio		Sezione (mm ²)	50	50	35
Conduttore cordato		Sezione (mm ²)	50	50	35

Tabella 7 — Dimensioni minime degli elementi del dispersore

	Tipo di elettrodo	Dimensioni	Acciaio zincato a caldo (Norma CEI 7-6) (1)	Acciaio rivestito di rame	Rame
Per posa nel terreno	Piastra	Spessore (mm)	3		3
	Nastro	Spessore (mm)	3		3
		Sezione (mm ²)	100		50
	Tondino o conduttore massiccio	Sezione (mm ²)	50		35
Per infissione nel terreno	Picchetto a tubo	Ø esterno (mm)	40		30
		Spessore (mm)	2		3
Per infissione nel terreno	Picchetto massiccio	Ø (mm)	20		15
					⁽²⁾ 15 ⁽³⁾
Per infissione nel terreno	Picchetto in profilato	Spessore (mm)	5		5
		Dimensione trasversale (mm)	50		50

(1) Anche acciaio senza rivestimento protettivo, purché con spessore aumentato del 50% (sezione minima 100 mm²).

(2) Rivestimento per deposito elettrolitico: 100 µm.

(3) Rivestimento per trafilatura: spessore 500 µm.



Tipo e dimensioni non considerati nella Norma

