

FULMINI E PARAFULMINI

- A. FISICA DI UN TEMPORALE**
- B. CARATTERISTICHE DI UN FULMINE**
- C. GLI EFFETTI**
- D. LE PROTEZIONI**

Generalità

Da sempre l'uomo è stato affascinato dai fulmini.

Dall'antichità fino al medioevo questo fenomeno naturale era considerato il simbolo della potenza e della collera divina.

Solo durante il XVIII secolo sono stati intrapresi i primi tentativi scientifici per comprendere il fulmine e la sua natura.

Nel 1752 l'americano Benjamin Franklin compie un esperimento famosissimo. Durante un temporale fa volare un aquilone munito di punta metallica alla quale aveva attaccato un filo di seta in grado di condurre elettricità fino ad una chiave metallica sospesa ad esso ; quando avvicina la sua mano alla chiave si forma una vigorosa scintilla : da ciò la conferma che le nubi sono portatrici di cariche elettriche.

Il XIX e il XX secolo sono stati caratterizzati da ulteriori esperimenti e da sistematiche osservazioni e classificazioni del fenomeno .

Il fulmine : spettacolo naturale o pericolo mortale ?

La relazione sintetica a seguire, articolata in 4 punti :

☞☞FISICA DI UN TEMPORALE

☞☞CARATTERISTICHE DI UN FULMINE

☞☞GLI EFFETTI

☞☞LE PROTEZIONI

ha lo scopo di fornire alcuni elementi essenziali per conoscere il problema, analizzare il pericolo reale e le soluzioni protettive.

A. Fisica di un temporale

Sulla terra si hanno 16 milioni di temporali all'anno , ovvero circa 44.000 al giorno con una caduta di circa 100 fulmini ogni secondo. Tuttavia la maggior parte dei fulmini non si sviluppano alle nostre latitudini bensì ai tropici.

A fine agosto 2001 , in Lombardia , in due giorni , sono caduti 30.000 fulmini ! .

Come si forma un temporale ?

Un temporale si forma quando una massa d'aria molto umida presenta una stratificazione verticale instabile con strati di aria più caldi in basso e più freddi in alto .

In tali condizioni si mette in movimento una colonna d'aria ascendente . Quindi le due condizioni da verificare sono :

1. Presenza di aria molto umida .
2. Formazione di una corrente d'aria calda ascendente.

E' possibile distinguere tre tipi di temporali :

☞☞Di calore

☞☞Orografico

☞☞Frontale

Come si evolve una nube temporalesca e come si formano le cariche elettriche ?

Come già visto una nuvola temporalesca viene a formarsi quando l'aria calda è costretta a sollevarsi e si raffredda rapidamente. Ad una determinata altezza , l'aria raggiunge una temperatura alla quale diventa satura di vapore acqueo : il vapore si condensa e forma la nuvola. Se l'aria contiene un valido contenuto di vapore , poichè nell'ascesa la temperatura si abbassa , scendendo al di sotto di 0°C , le gocce d'acqua gelano. E' questo un punto critico dell'evoluzione temporalesca : dalla formazione del ghiaccio nelle nuvole dipende lo sviluppo di grandi quantità di elettricità .

Si possono distinguere tre stadi della nuvola temporalesca : giovinezza , maturità e vecchiaia. Lo stadio giovanile è caratterizzato dalla presenza di una forte corrente ascensionale di aria calda con forti disomogeneità . La durata di questo stadio è su 10-15 minuti. Lo stadio di maturità dura dai 20

ai 30 minuti :la nuvola cresce ulteriormente , le particelle (pioggia , neve , grandine) vengono dapprima trasportate verso l'alto dall'aria calda ascendente , poi con l'aumentare della loro quantità e grossezza lasciano l'aria ascendente e la trasformano infine in corrente d'aria discendente con precipitazioni al suolo. Nella vecchiaia , l'aria calda ascendente ha completamente esaurito i suoi effetti : la precipitazione di pioggia o grandine tende a diminuire. La durata media di questo stadio è di circa 30 minuti .

Qual è il tipo di temporale più frequente in Italia ?

Temporale frontale (la maggior parte)

Temporale di calore (rari)

Temporale orografico (Prealpi ,Grandi valle alpine; Costa ligure; Versilia, Abruzzo, Coste calabre).

Inoltre si può constatare anche la distribuzione durante la giornata col massimo verso le ore 15.

B. Caratteristiche del fulmine

La carica elettrica è la quantità di elettricità posseduta da un corpo (la carica più piccola è l'elettrone).Mentre il campo elettrico è da intendersi la regione di spazio dove le cariche sono soggette a forze che tendono a muoverle secondo determinate direzioni.

Fatte queste precisazioni si può dire che in condizioni di bel tempo il valore del campo elettrico al suolo è praticamente nullo. In presenza di una nuvola temporalesca il valore del campo sale a 0.3-0.4 kV/cm e nelle vicinanze del punto di caduta del fulmine il valore può arrivare a 4 kV/cm (mentre la rigidità dielettrica dell'aria in condizioni normali è intorno a 21 kV/cm).

Nella scarica di un fulmine si possono identificare principalmente tre fasi :

1. formazione del canale di fulmine,
2. formazione della contro scarica,
3. sviluppo della scarica di ritorno.

Se ci riferiamo ad un fulmine che abbia origine dalla nuvola si può notare che la scarica si genera nella parte inferiore della nuvola a causa dell'intenso campo elettrico locale e della rarefazione dell'aria. In seguito sotto l'azione del campo elettrico , la scarica si propaga verso terra assumendo la forma di un canale ramificato. Questo canale è costituito da un nucleo altamente conduttore (plasma ionizzato) del diametro di circa 1 centimetro , circondato da una carica spaziale (con raggio da 2-20 metri) , di polarità uguale a quella delle cariche contenute nella parte inferiore della nuvola , in genere negativa .La scarica si propaga in aria a zig-zag ed accumula una significativa quantità di carica elettrica (in genere alcuni Coulomb ; $1\text{ C} = 6,24 \times 10^{18}$ elettroni) :la corrente associata è dell'ordine di qualche centinaia di Ampere .Quando il canale del fulmine arriva in

prossimità del suolo

(20-100 m) , il campo elettrico diventa così intenso da dar luogo , sul terreno, specie su strutture alte e snelle , a fenomeni a effluvio (effetto corona). Si forma pertanto un fenomeno di controscarica che si sviluppa verso l'alto fino ad incontrare il canale discendente. La lunghezza del canale di controscarica è in genere di alcune decine di metri. Quando il canale discendente incontra quello di controscarica , il punto fulminato è determinato : ha inizio la scarica a terra (drenaggio della nuvola)che coinvolge correnti dell'ordine anche di 300.000 A poiché la velocità di scarica è pari al 10-50 % della velocità della luce ($c=298.000\text{ km/s}$). E' questa la fase più visibile del fenomeno di fulminazione.

Tutta l'energia di un fulmine ha valori per alimentare , se immagazzinata , una lampada da 60 Watt per un mese ($0,06 \times 24 \times 30 = 43.2\text{ kWh}$). Mentre ,vista la rapidità del fenomeno , la sua potenza è superiore alla potenza che sono in grado di fornire tutte le centrali elettriche installate in Europa.

Un fulmine viene caratterizzato dal bagliore luminoso della scarica , il lampo , e dal fenomeno acustico , il tuono . Quest'ultimo è dovuto al rapido riscaldamento dell'aria , fino a $15.000\text{ }^\circ\text{C}$, lungo lo stretto canale percorso dalla scarica . Il calore determina un'espansione esplosiva dell'aria provocando il tipico fragore.

Il lampo ed il tuono non vengono osservati contemporaneamente . La differenza tra la visione del bagliore e la percezione del rumore è dovuta dalle differenti velocità di propagazione della luce e del suono. La luce si propaga a quasi 300×10^6 metri al secondo mentre il suono a soli 340 metri al secondo. Pertanto si può trovare la distanza , in metri , fra un osservatore ed il fulmine moltiplicando per 340 i secondi che intercorrono tra il lampo , considerato istantaneo , ed il suono percepito.

C. Gli effetti

Quali sono i danni che il fulmine può produrre ?

1. Perdita di vite umane (rischio 1)
2. Perdita inaccettabile di servizio pubblico essenziale (rischio 2)
3. Perdita di patrimonio culturale insostituibile (rischio 3)
4. Perdita economica (rischio 4)

Quali le cause dei danni ?

- ⚡⚡ Tensioni di contatto e di passo,
- ⚡⚡ Sovratensioni,
- ⚡⚡ Incendio,
- ⚡⚡ Esplosione .

Visto che abbiamo introdotto già la parola rischio , vediamo di richiamare alcuni concetti inerenti tale vocabolo. Ci domandiamo : “ Che cos'è il rischio ? “ :

Il rischio relativo ad un evento sfavorevole , in un dato periodo di tempo , è il prodotto del numero degli eventi che si possono verificare in quel periodo (frequenza di accadimento N) , per la probabilità che l'evento provochi danno (P) , per l'entità media del danno prodotto dal singolo evento (D) :

$$R = N \times P \times D$$

Il rischio relativo alla fulminazione è trascurabile solo se sono trascurabili le componenti di rischio che contribuiscono a determinarlo. Una componente di rischio è trascurabile se è trascurabile la relativa frequenza di danno o il danno medio conseguente. Questi parametri dipendono essenzialmente dalle caratteristiche della struttura . Ad esempio il rischio aumenta con la frequenza di fulminazione diretta , con il carico d'incendio , con il numero delle persone presenti con l'importanza delle funzioni e del valore del contenuto della struttura.

D. Le protezioni

La Norma CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 81.1 del 1995 “Protezione delle strutture contro i fulmini “ , stabilisce le modalità di progettazione , verifica e manutenzione dei sistemi di protezione contro i fulmini “LPS” (Lightning Protection System) che impiegano organi di captazione ad asta , a funi , o a maglia e che sono installati per la protezione delle strutture e di quanto (persone , cose impianti) in esse contenute o da esse coinvolte. Le caratteristiche di un LPS sono determinate oltre che dalle particolarità della struttura da proteggere anche dal livello di protezione da adottare in relazione al presumibile rischio . La Norma prevede 4 livelli di protezione cui corrisponde un LPS con efficienza decrescente dal livello I al livello IV.

Esiste una procedura semplificata per stabilire se una struttura necessita o meno di LPS.

Si calcola la frequenza di fulminazione diretta : $N_d = N_t \times C \times A$, con N_d , probabile numero anno di fulmini i cui effetti sono potenzialmente pericolosi per la struttura; N_t , densità di numero di fulmini a terra / anno per ogni kilometro quadrato per quella zona (valori da 1.5 -2.5- 4) . Per la nostra zona il valore massimo di 4 . C , coefficiente ambientale ; A , area di raccolta della struttura.

Dalla tabella si ricava la frequenza di fulminazione tollerabile N_a . Si confrontano questi valori: se : $N_d < N_a$, la struttura è autoprotetta ; se invece sussiste $N_d > N_a$ in maniera marcata , occorre installare un LPS con efficienza non inferiore a $E_c = 1 - N_a / N_d$, per ricondurre la fulminazione diretta inferiore al valore tollerabile.

E' bene sottolineare che la funzione di un LPS è quella di intercettare il fulmine con i captatori , di condurre la corrente di fulmine dal punto di impatto al suolo e di disperderla nel terreno stesso senza che si verificano tensioni di contatto e di passo pericolose o danni di tipo termico o meccanico. Inoltre con l'LPS interno si cerca di evitare , per quanto possibile , la formazione di scariche pericolose.

Protezioni da Sovratensioni

Lo sviluppo tecnologico ha introdotto apparecchiature sempre più sensibili alle sovratensioni generate anche da fulminazioni indirette degli impianti.

Le statistiche elaborate da alcune compagnie di assicurazione , indicano che le sovratensioni rappresentano la prima causa di danno per le apparecchiature elettriche ed elettroniche . Oggi esistono dei validi rimedi con l'installazione di scaricatori “ SPD “ .

La Guida CEI 81.8 tratta proprio l'utilizzo di tali dispositivi .In generale si tratta di elementi che messi all'ingresso di un impianto da proteggere , in condizioni normali presentano una resistenza elettrica verso terra notevole ; in caso di una sovratensione pericolosa il dispositivo offre una resistenza verso terra minima , favorendo così un drenaggio di correnti verso terra che evitano di danneggiare le apparecchiature.

Suggerimenti per la sicurezza (prevenzione per fulmini a campo aperto)

Un fulmine ha importanti conseguenze per la salute degli esseri viventi.

Oltre a quanto già espresso sulle protezioni delle strutture si elencano alcuni suggerimenti per la protezione delle persone dai fulmini ; questo si basa su due principi fondamentali :

- 1. Cercare di non rappresentare un bersaglio al fulmine,**
- 2. Cercare di evitare le situazioni dove si possono formare delle differenze di potenziale elettrico fra diverse parti del corpo.**

- ⚡⚡ Non cercare rifugio sotto un albero , soprattutto se questo è isolato o fa parte di un piccolo gruppo di piante : ai nostri giorni si può affermare che il rischio di fulminazione di un albero isolato è 50 volte superiore a quella per un uomo in piedi.
- ⚡⚡ Le persone che si trovano in un gruppo devono mantenere una distanza minima di 3 metri per evitare la propagazione della scarica tra vicini.
- ⚡⚡ Evitare le attività all'aperto come pesca ,nuoto , ciclismo e alpinismo. Un corpo bagnato e l'acqua stessa sono dei buoni conduttori dell'elettricità.
- ⚡⚡ In un campo aperto è meglio evitare di portare oggetti metallici che sorpassano l'altezza della testa , come ombrelli ,forconi , mazze da golf. Il rischio di scarica di un oggetto infatti aumenta col quadrato dell'altezza.
- ⚡⚡ Evitare i grandi passi onde ridurre le eventuali differenze di potenziale fra i due piedi.
- ⚡⚡ Se ci si trova in un bosco durante un temporale è opportuno stare lontano dai tronchi e dai rami più bassi.

Il fulmine è come un fiume di elettricità che scorre in un *canyon* di aria ... alla velocità prossima a quella della luce. Al giorno d'oggi la fisica può stabilire per quale motivo ci sono , ma risulta sempre difficile stabilire con certezza dove andranno a cadere , in quanto rimangono sempre un fenomeno imprevedibile. La breve sintesi illustrata spero che abbia contribuito a far chiarezza e a contenere allarmismi e paure ingiustificate.