

## I DANNI DEI FULMINI SUGLI ALBERI

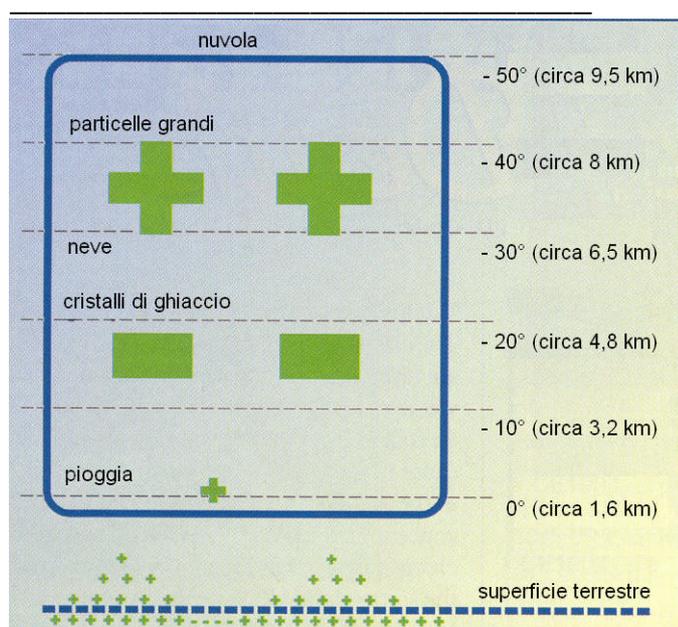
### *La scintilla della morte*

I fulmini danneggiano ed uccidono migliaia di alberi ogni anno; molti di questi delimitano strade comunali o si trovano nei pressi di abitazioni o scuole. Fulmini raggiungono il terreno 9 milioni di volte al giorno, 6.200 volte al minuto, 100 volte al secondo. Esiste una mappatura dei fulmini, approntata per qualsiasi regione nel mondo, che mostra l'incidenza dei fulmini a terra.

### **Cos'è il fulmine?**

I fulmini si presentano in varie forme: quello che colpisce gli alberi è un bilanciamento della carica elettrica tra le nuvole e la terra, e la traccia che il fulmine segue è quella dove esiste la minore resistenza al passaggio della corrente. I maggiori scambi di cariche elettriche si verificano a seguito di interazioni tra vapore acque, gocce d'acqua e ghiaccio negli strati più bassi dell'atmosfera; i fulmini sono generati da enormi nubi temporalesche all'interno delle quali le cariche elettriche si separano e si concentrano. Le tempeste provocano vasti vuoti d'aria che fanno muovere grandi masse d'aria umida verso l'alto, nelle zone più fredde formando di conseguenza precipitazioni di diversi tipi e dimensioni.

Le cariche elettriche che generano i fulmini si formano quando piccoli cristalli di ghiaccio si scontrano con particelle più grandi: milioni di queste collisioni al minuto all'interno dei vuoti d'aria provocati dai temporali fanno sì che nelle particelle grandi si concentrano cariche negative, mentre nei piccoli cristalli si concentrano quelle positive; questi ultimi vengono spinti verso l'alto della nuvola temporalesca mentre le prime cadono verso il centro e la base. La figura 1 mostra in modo semplificato la disposizione delle cariche nella nuvola.



*Figura 1. La separazione delle cariche all'interno di una nuvola, che conduce al colpo di fulmine. La collisione tra le particelle di ghiaccio più grandi (dimensioni tra 0,21 e 0,42 cm) che cadono verso il basso e i cristalli più piccoli che salgono (dimensioni di 0,0063 cm e meno) genera cariche elettriche separate. Il picco delle cariche negative si concentra tra le temperature di  $-6^{\circ}$  e  $-25^{\circ}$ . Lo schema riporta la temperatura, la forma delle precipitazioni e l'altezza in km.*

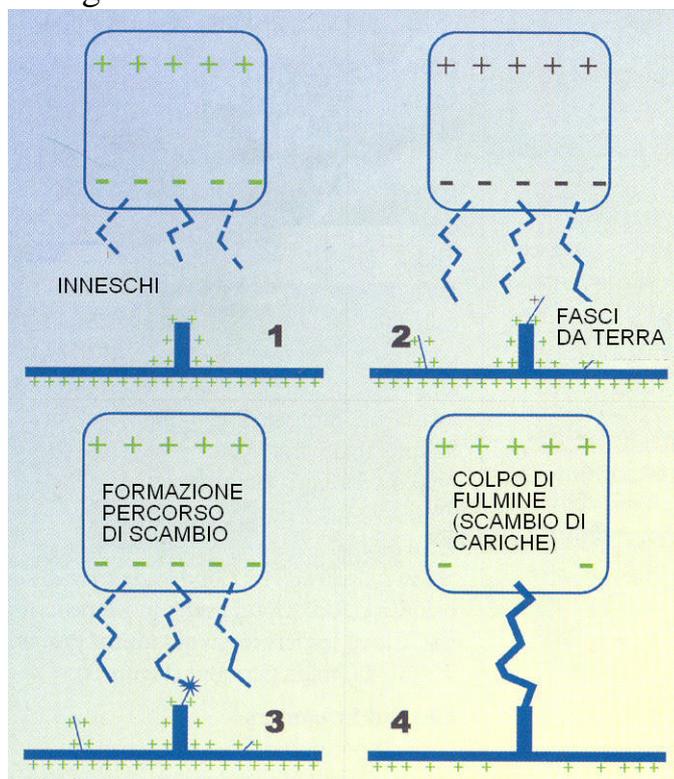
### **L'innesco (cloud leader)**

Il fulmine si comincia a formare quando lingue di cariche negative fuoriescono dalla parte bassa della nuvola, dove sono concentrate in grandi quantità, e vi rientrano

continuamente. Queste lingue sono come inneschi; si muovono lungo linee dove è più bassa la resistenza elettrica. Il loro percorso è influenzato dalle linee delle precipitazioni, da precedenti percorsi tracciati da altri fulmini e perfino dalle linee dei raggi cosmici. La forma spezzata assunta dal fulmine è data da quello scalettato delle lingue che pendono dalla nuvola. I loro movimenti sono rapidissimi, potendo muoversi verso il terreno a circa 450.000 miglia all'ora (Figura 1).

### I flussi a terra

Poiché le cariche positive e quelle negative si attraggono, un'ondata di cariche positive si espande sotto la base della nuvola; questa ondata segue dal basso la tempesta e si innalza verso il suo bordo inferiore utilizzando ogni oggetto che sia collegato al terreno.



Dove il terreno forma dei picchi (come le cime degli alberi), le cariche elettriche positive formano dei flussi, una sorta di bandiere formate da fasci di cariche che sventolano in cima ai punti più alti del terreno o in cima alle costruzioni (Figura 2).

*Figura 2. Le fasi più importanti nello sviluppo di un fulmine: 1) gli inneschi si spingono al di fuori della nuvola temporalesca verso terra; 2) i fasci di terra fuoriescono dalla sommità di oggetti elevati; 3) inneschi e fasci di terra si uniscono creando un tracciato lungo il quale scorre lo scambio delle cariche; 4) massiccio scambio di cariche ed emissione luminosa.*

Gli alberi isolati ed alti danno la possibilità di concentrare i flussi a terra e possono fungere da conduttori per lo scambio delle cariche. Quando gli inneschi si avvicinano alla terra (tra 100 e 400 miglia da essa o da oggetti elevati) si connettono con i fasci provenienti dal basso, formando il percorso attraverso il quale si produce un rapido e massiccio scambio di cariche; la luce che viene liberata nello scambio forma il fulmine (Figura 2).

### Il colpo

Quando il percorso è chiuso, la luce del fulmine è visibile perché viaggia ad una velocità pari ad un terzo di quella della luce, illuminando e riscaldando istantaneamente l'aria; solitamente in un unico fulmine si verificano diversi scambi di cariche elettriche (con una media di tre o quattro colpi). Ogni colpo può durare alcuni

millisecondi; la durata complessiva del fulmine, inclusi gli spazi tra i colpi, è di circa un mezzo secondo. L'occhio umano può appena distinguere i vari lampi di un unico colpo, ricevendo l'impressione che il fulmine lampeggi.

Poiché la resistenza dell'aria varia con rapidità, i lampi di un unico colpo non sempre seguono lo stesso percorso; inoltre, i punti del terreno con i quali il fulmine scambia le cariche elettriche possono essere distanti più di un miglio l'uno dall'altro, ma di solito sono abbastanza raggruppati. In una fila di alberi si possono verificare danni provenienti dai diversi colpi di un solo fulmine; in qualunque punto del percorso di una scarica, il fulmine può saltare da un oggetto all'altro, passando ad esempio da un albero ad una costruzione o una persona.

Lo scambio di carica trasportato da un fulmine può variare molto, attestandosi comunque su una media di 100 milioni di volt e 35.000 ampere; il nocciolo interno ha dimensioni che vanno da 2 a 12 pollici di diametro con un luminoso alone circostante largo da 3 a 15 piedi ed una temperatura interna di oltre 30.000 gradi Fahrenheit. Il calore sviluppato provoca una rapida dilatazione dell'aria che genera l'onda d'urto sonora udita come un tuono.

### **Danni agli alberi**

Molti alberi che si trovano sul percorso del fulmine non vengono uccisi; più del 20% non riporta danni visibili. Nonostante ciò, gli alberi che non presentano danni nell'immediato sono comunque esposti a stress di vario tipo, hanno scarse difese e possono essere oggetto di infezioni.

Gli effetti rilevati sugli alberi rispecchiano la forza e la durata dello scambio delle cariche avvenuto con il fulmine; i danni maggiori derivano dall'onda d'urto sonora irradiata dal percorso del fulmine (può raggiungere approssimativamente una pressione tra i 500 e i 1.500 psi). Ulteriori danni derivano dal surriscaldamento dell'acqua e da esplosioni di vapore nei tessuti dell'albero e dalla distruzione elettrica delle cellule viventi.

### **L'identificazione delle cicatrici**

I danni provocati dai fulmini agli alberi variano in dipendenza del tipo di fulmine e del tipo di albero; i più conosciuti sono quelli in cui lunghe strisce di corteccia o di legno vengono strappati via dall'albero (Figura 3); su tutti i componenti dell'albero come anche sul terreno sono visibili i segni del passaggio di un fulmine.

Il fulmine può spesso provocare crepe sulla corteccia lungo l'asse longitudinale del tronco; la gran parte delle crepe è superficiale ed ininterrotta ed interessa una fascia del tronco che va da circa l'80% dell'altezza dell'albero fino ad alcuni piedi dalla base. In qualunque foresta o parco un certo numero di alberi vivi può mostrare le cicatrici di fulmini: tra questi, il 10% ne presenta più di una; queste ferite non sempre causano la morte immediata dell'albero.

Se un albero è stato colpito nel passato da un fulmine, presenterà dei sintomi chiave, di solito cicatrici (legno lacerato lungo il perimetro del tessuto danneggiato); le cicatrici seguono per lo più l'asse longitudinale delle cellule del tessuto connettivo (la grana del legno). La direzione della crescita di queste cellule segue il carico

meccanico applicato sull'albero secondo precise pieghe e rotazioni; alcuni alberi hanno la fibra dritta, mentre altri, a causa dei venti diseguali che agiscono sulla chioma (asimmetria), hanno la fibra disposta a spirale lungo il tronco; il fulmine può seguire il disegno a spirale degli elementi connettivi. Il flusso elettrico iniziale lungo la fibra offre la minima resistenza all'interno dell'albero.

---



*Figura 3. Il danno da fulmine più comune: lunghi fogli di corteccia o strisce di legno strappate dal tronco degli alberi.*

---

### **Resistenza alla conduttività elettrica**

Il tessuto degli alberi resiste al passaggio di corrente: questa caratteristica è importante solo nei primi attimi (da 1 a 4 millisecondi) dello scambio di cariche, prima che l'enorme quantità di corrente attraversi la struttura dell'albero; questi primi momenti influenzano lo sviluppo del percorso del fulmine.

Nei rami più esterni e quindi più giovani, il fulmine si muove in profondità incontrando una forte resistenza; via via che il carico di corrente aumenta, il percorso che il fulmine segue non è sufficiente a contenerlo, provocando scoppi sulla superficie della corteccia.

Il punto del percorso del fulmine in cui la corrente comincia ad uscire si trova di solito a circa l'80% dell'altezza dell'albero; i rami che si trovano al di sopra di questo punto, se sono interessati dal passaggio della corrente, accuseranno la distruzione elettrica delle cellule, surriscaldamento e lo sfaldamento della struttura che provoca danni enormi ed anche la morte. La morte dei rami esterni alla chioma è il diretto risultato del passaggio di corrente all'interno; a volte però questo può essere l'unico danno provocato dal fulmine.

### **Le vie di passaggio**

L'umidità presente sulla corteccia o le precipitazioni piovose hanno effetti minimi sulla resistenza elettrica della superficie dell'albero; il percorso dello scambio di cariche si sviluppa all'interno, lungo il tessuto connettivo più giovane e non sulla corteccia bagnata.

La corteccia infatti possiede un'alta resistenza elettrica se comparata con le cellule viventi interne; anche le foglie ed i rami appena formati hanno enorme resistenza (Figura 4).

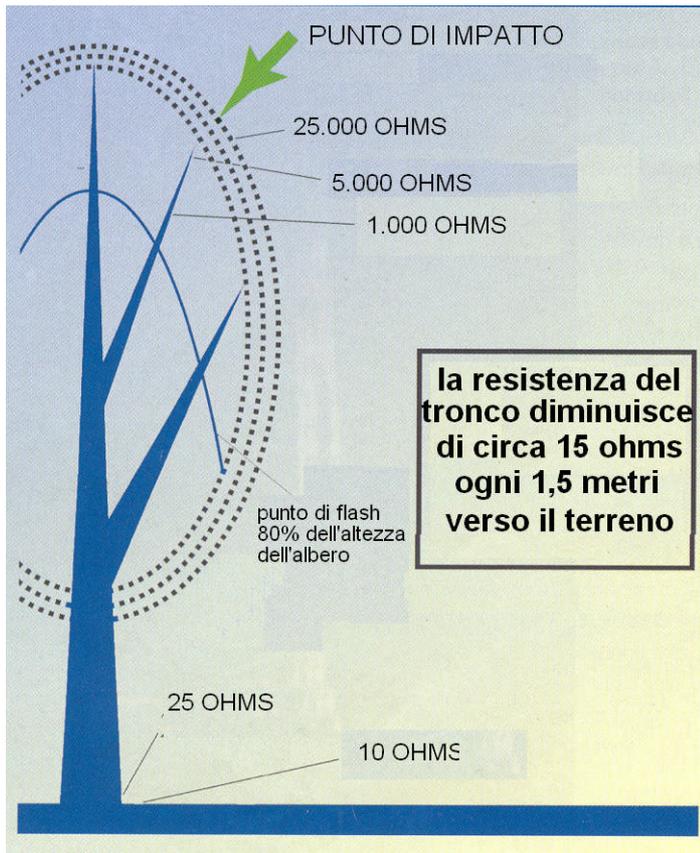


Figura 4. Schema dei valori di resistenza elettrica di un albero dalla superficie delle foglie al terreno. Più è alto il valore degli ohm, maggiore la resistenza al flusso di corrente.

### Lo shock

Attraversando la struttura dell'albero per uscire in superficie, il fulmine sottopone il tessuto connettivo a forte riscaldamento e ne distrugge le cellule; quando esplose in superficie rimane comunque connesso al percorso interno dello scambio di cariche. Questa esplosione provoca un'onda d'urto derivante dal surriscaldamento dell'aria (passaggio istantaneo da 70° F a 30.000° F) che si scarica sull'albero; l'onda generata

nel nocciolo del percorso di scambio delle cariche sviluppa centinaia di libbre di forza per pollice quadrato. La media di energia che si concentra nell'aria va da 500 a 1.500 libbre di forza per pollice quadrato, o da 34 a 100 atmosfere di pressione. La fiammata da 30.000° F di temperatura si dissipa rapidamente, lasciandosi dietro minuscole particelle carbonizzate; soltanto un ridotto numero di fulmini possiede un carico di corrente adeguato a scatenare un incendio.

### Chi prende l'onda

L'onda d'urto energetica non è concentrata solo sull'albero, una sua porzione significativa ha effetto sui rami e sul tronco.

Essa produce una forte compressione sulla corteccia e sul legno; il riflesso (rimbalzo) di questa compressione strappa i tessuti come un'ondata, che si muove intorno al tronco, dapprima comprimendo e poi spingendo verso l'esterno.

Le parti centra più vecchie e nodose dell'albero, le sue cavità e i suoi punti deboli, le compartimentazioni interne concentrano la spinta meccanica generando una forza esplosiva.

### Rottura e divisione

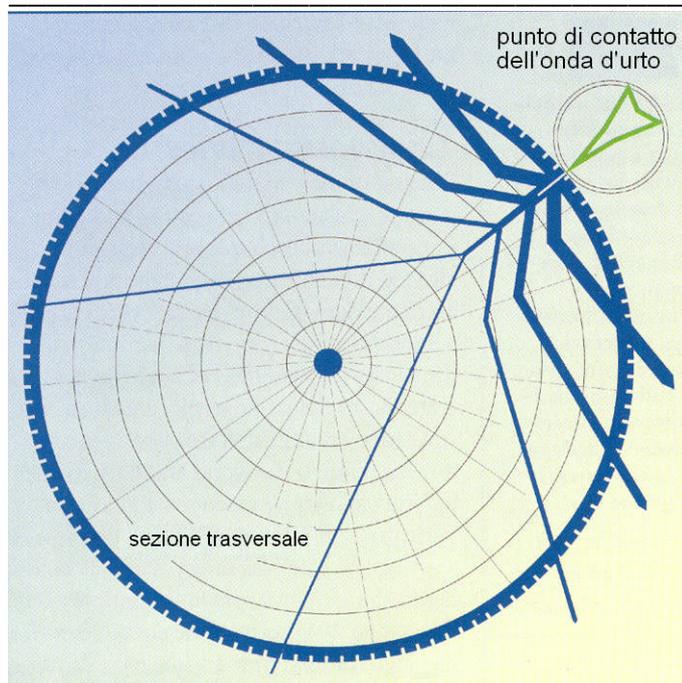
Gli effetti più evidenti dell'onda d'urto del fulmine si trovano nell'apertura di lembi di corteccia e nella fessurazione superficiale del legno immediatamente dietro il percorso del fulmine stesso. In aggiunta si può verificare un rimbalzo di materiali legnosi che provocano l'espulsione di legno e di corteccia verso l'esterno.

L'onda d'urto spezza le connessioni cellulari, separa le fibre legnose ed indebolisce i legami tra i diversi tessuti; colpi multipli in un unico fulmine possono dar vita a multiple onde d'urto che rimbalzano verso l'esterno del tronco facendo scivolare i tessuti lungo la circonferenza.

### **Corteccia fina e corteccia spessa**

Alberi con caratteristiche differenti presentano diversi tipi di danno; in particolare influiscono lo spessore della corteccia e la porosità del legno.

Gli alberi dalla corteccia fina subiscono generalmente ferite larghe e superficiali; se la corteccia è anche molto porosa e piatta non oppone resistenza agli scoppi verso la superficie ed evita danni gravi ai tessuti interni del tronco. Grossi pezzi di corteccia si staccheranno a causa dell'irraggiamento dell'onda d'urto sulla superficie esterna del tronco (Figura 5).

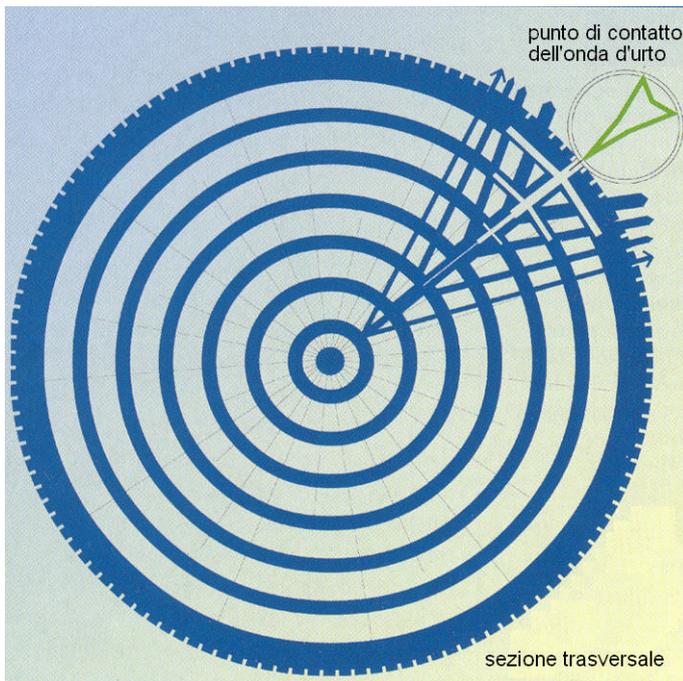


*Figura 5. Gli effetti dell'onda d'urto di un fulmine e l'intensità del rimbalzo sul tronco di una specie dalla corteccia spessa e porosa (oppure non porosa con minime differenze di densità tra ogni incremento). Il danno previsto è superficiale e si dipana lungo la circonferenza, scollando pezzi di corteccia e interrompendo le connessioni cellulari. Le linee rappresentano la dissipazione dell'energia attraverso ed attorno al tronco.*

Negli alberi in cui la corteccia è più spessa e costituita da diversi incrementi porosi circolari i danni del fulmine si verificheranno in profondità ai tessuti più giovani e grosse parti di legno e corteccia saranno espulse all'esterno. In questi casi si noteranno maggiori danni di quelli presenti nelle specie a corteccia più fina.

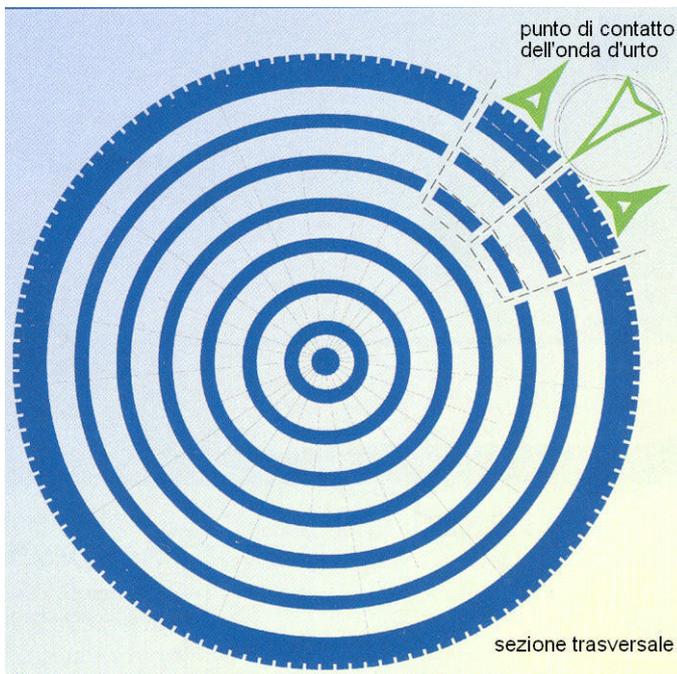
La linea centrale di queste ferite strette può essere individuata in una fine striscia di tessuto connettivo o in una crepa radiale sulla superficie del legno; la profondità di questa crepa può essere limitata a meno di un anello di crescita fino a toccarne più di quattro mentre la sua larghezza varia da 3 a 10 pollici (Figura 6).

Una certa quantità di corteccia e diversi strati di tessuto connettivo possono essere espulsi all'esterno (Figura 7); lo spessore dei frammenti di legno espulsi dipende dalla profondità delle crepe radiali, approssimativamente metà della larghezza della crepa.



*Figura 6. Gli effetti dell'onda d'urto di un fulmine e l'intensità del rimbalzo sul tronco di una specie dalla corteccia sottile (oppure non porosa con sensibili differenze di densità tra ogni incremento). Il danno previsto è profondo, comprende una stretta linea di rottura della corteccia, crepe radiali e perdita localizzata di pezzi di corteccia e di legno.*

*Le linee rappresentano la propagazione dell'energia attraverso il tronco e la precisa localizzazione sulla corteccia.*



*Figura 7. L'onda d'urto del fulmine rompe e rimuove la corteccia e parti di legno all'interno del tronco di una specie dalla corteccia spessa e porosa (oppure non porosa con sensibili differenze di densità tra ogni incremento).*

### **La diagnosi**

A causa della enorme variabilità della corrente, del numero di colpi, della polarità e delle condizioni presenti a terra, ogni albero od oggetto colpito presenta diversi segni.

Gli alberi sono danneggiati da diversi

fattori dipendenti dal fulmine: distruzione elettrica delle parti più forti, surriscaldamento (calore generato dal fulmine e calore di resistenza) ed onda d'urto.

La ferita più comune è una crepa longitudinale stretta e superficiale sulla corteccia: se il danno interessa meno del 20% della circonferenza (misurata attorno alla parte più danneggiata del tronco) le capacità di difesa della pianta ed il trasporto di sostanze nutritive dovrebbero essere ancora operative; le ferite strette e lunghe a forma di spirale che seguono la grana del legno lungo il tronco di solito non sono circolari.

I rami che sono stati colpiti all'interno dal fulmine (approssimativamente il 20% superiore dell'albero) possono essere spezzati e danneggiati sufficientemente da deteriorarsi ed anche morire; il danneggiamento o il parziale decesso della chioma è un sintomo comune del passaggio di un fulmine.

Aperture nel tronco, cavità o gallerie aperte da insetti hanno a volte l'effetto di concentrare le forze attorno a sé causando strappi nei tessuti; la presenza di fasce di metallo, chiodi o parafulmini può spostare il percorso del fulmine dall'esterno all'interno.

I danni alle radici possono essere gravi ma sono molto difficili da diagnosticare: il terreno attorno ad esse può essere esploso o scavato in linee rette e ciò può portare alla morte dei rami.

Se le radici sono danneggiate nello scarico a terra della corrente possono diventare deboli e perdere la presa sul terreno facendo soffrire all'albero l'azione del vento.

### **Gli "sciacalli"**

Un problema secondario è costituito dagli organismi infestanti: essi attaccano le zone danneggiate dal fulmine e sono attirati dai materiali volatili rilasciati nell'aria.

Un esempio classico si trova nei pini: si stima che il 31% delle aree del sud dove è presente il baco del pino (gruppi di alberi infestati e malati) è stata colpita da un fulmine in un albero centrale. Un fulmine su un pino può spargere una pioggia di frammenti su un'area di 150 piedi, esponendo l'albero ad attacchi disseminando legno, corteccia e particelle di resina nella zona circostante.

Questa zona diventa biologicamente attraente per diversi infestanti; a causa della separazione delle fibre e della creazione di vuoti interni, la produzione di resina si riduce. Inoltre, la necessità dell'albero di riallocare materiali legnosi per difendersi riduce la crescita.

### **Segni storici**

A distanza di anni da un fulmine si può trovare, all'interno di un anello di crescita, un particolare anello creato come barriera difensiva.

Questi anelli di barriera sono simili ai falsi anelli (rallentamenti e accelerazioni degli incrementi annuali che avvengono in una stagione di crescita) generati dalla siccità, dalle infezioni e dagli allagamenti: si differenziano da questi ultimi per la presenza di sostanze chimiche difensive addizionali depositate sulle pareti delle cellule. L'onda d'urto di un fulmine può scatenare la produzione di barriere difensive standard attorno alle connessioni tra i tessuti spezzate e tra gli strati di tessuto che sono stati separati; le cellule morte o danneggiate sono relegate al di fuori delle barriere.

### **Conseguenze sintomatiche**

I sintomi della caduta di un fulmine su un albero cominciano con la riduzione o l'interruzione delle capacità di spostamento dell'acqua; in aggiunta, nelle specie che producono resina, il flusso di questa risulta ridotto.

La pianta produce o sposta rapidamente composti chimici di difesa, con una pratica che richiede una significativa riallocazione di materia di crescita; si avrà quindi un

decadimento permanente delle foglie sui rami maggiori o su interi quadranti della chioma. Una forma simile di danneggiamento si ha con la perdita di vitalità del fogliame che va e viene per diversi mesi, causando a volte la morte dei nuovi rami.

Questo processo di controllo e cura che si verifica all'interno della pianta porta con sé un periodo in cui le difese sono abbassate e offre agli agenti patogeni che si annidano nella corteccia vie d'accesso per portare attacchi efficaci.

L'ultimo sintomo notevole è un lento declino di un ramo o di tutto l'albero in un periodo da uno a tre anni, durante i quali gli attacchi degli infestanti e le avverse condizioni della zona limitano i processi di crescita.

## **Terapie**

La riduzione dei rischi, l'essere preparati e l'installazione di sistemi conduttori sugli alberi prima dell'arrivo del fulmine sono i modi migliori per minimizzare i danni; una volta che l'albero è stato colpito, la tempestività è fondamentale.

Maggiore è la rapidità di applicazione dei trattamenti, più forti saranno i risultati biologici: se si interviene tra 8 e 24 ore dall'evento, specialmente se si è verificato un minimo asciugamento dei tessuti, sarà ancora possibile minimizzare la perdita di liquidi ed usare la pressione per riattaccare i tessuti.

Dalle 16 alle 32 ore dall'evento i processi di compartimentazione sono cominciati, e le azioni di rinvigorismento della pianta saranno più adeguate.

Le procedure di trattamento variano in base al sito, al tipo di albero, ed al tipo di ferita provocata dal fulmine; esistono comunque alcuni interventi generici:

- Istituire un programma di irrigazione per un minimo di una stagione e mezza di crescita.
- Applicare pressione superficiale per riposizionare al meglio possibile i tessuti spostati (per circa 6 settimane).
- Applicare temporaneamente un foglio di plastica bianca sulle ferite per minimizzare la perdita d'acqua (per circa 4 settimane).
- Rimuovere i rami evidentemente morti o seriamente danneggiati (senza sovrappotare; posticipare le potature del legno verde fino a che non sia chiara la riallocazione messa in atto dalla pianta).
- Applicare un pesticida preventivo alle superfici aperte di recente, ma solo se adeguato. Accertarsi che i pesticidi non danneggino le nuove cellule generate intorno al tessuto connettivo.
- Posticipare la fertilizzazione a base di azoto di una stagione. Analizzare la situazione ed applicare fertilizzanti e stimolanti della crescita dove fosse necessario.
- Proteggere e mantenere in salute il terreno in tutta la zona interessata dalle radici (applicare compostaggio, terriccio fertile, evitare la compattazione del terreno, etc.).

In conclusione, non ci è possibile impedire che gli alberi siano colpiti dai fulmini. I professionisti possono sviluppare strategie di gestione del rischio che diminuiscono sensibilmente i danni all'albero, riducono i danni collaterali intorno all'albero stesso

e consentono di scaricare la corrente lungo il terreno. Il complesso dei danni da colpo di fulmine è costituito da una serie di ferite che discendono dalle enormi forze fisiche ed elettriche sprigionate.

Anche se i nostri sforzi sono incomparabilmente piccoli rispetto alla forza del fulmine, è possibile aiutare gli alberi a sopravvivere e riprendere attraverso interventi appropriati.

### **I FULMINI: LINEE GUIDA PER LA SICUREZZA DEI LAVORATORI**

Questa scheda descrive alcuni tipi di ferite causate dai fulmini, fornisce minime raccomandazioni da seguire per il primo soccorso ed azioni preventive dettate dal buon senso.

Non è una guida specifica per il primo soccorso né per il trattamento dei vari casi.

Le nuvole temporalesche generano i fulmini: gli esseri umani sono colpiti più frequentemente appena prima e subito dopo i temporali; può essere un grave errore considerare che un temporale sia lontano o che sia passato poiché il fulmine può colpire da una distanza di 3 o 4 miglia.

Se si avvicina un temporale, ci si deve riparare sotto un solido tetto di una costruzione o in un veicolo chiuso; si deve rimanere in basso e distanti da oggetti alti che potrebbero essere colpiti.

#### **Fulminato!**

Una persona è più soggetta ad essere colpita da un fulmine quando si trova ad essere la cosa più alta (oppure associata all'oggetto più alto) in una zona pianeggiante; se ci si trova su piattaforme rialzate o in spazi aperti, operando con apparecchiature direttamente collegate al terreno o particolarmente elevate, oppure eseguendo operazioni di manutenzione e cura degli alberi si è esposti al rischio di essere fulminati.

E' pericoloso ripararsi sotto o nelle vicinanze di oggetti alti come gli alberi; la resistenza al passaggio di corrente è degli esseri umani è inferiore a quella degli alberi, il che consente ad un fulmine diretto su un albero di cambiare traiettoria e colpire chi si trova vicino alla base dell'albero stesso; si può essere feriti anche trovandosi nella zona di caduta (distanza minore di 500 piedi).

#### **Ferite**

Ogni anno circa 500 persone sono gravemente ferite da fulmini negli Stati Uniti e quasi 100 di questi (il 20%) non sopravvivono; tra coloro che, anche se gravemente feriti sopravvivono, il 75% riporta danni permanenti. Il 5% dei ricoveri nei reparti per grandi ustionati degli Stati Uniti sono causati da ferite legate a colpi di fulmine. Due terzi degli incidenti non automobilistici che coinvolgono soggetti tra i 15 e i 40 anni di età sono legati ai fulmini; sono significative anche le perdite di animali al pascolo.

#### **Sintomi**

Le ferite causate agli esseri umani dal fulmine sono provocate dall'elettricità, dalla luce e dallo shock sonoro; l'effetto più frequente in conseguenza del fulmine è

l'arresto cardiaco. E' possibile prevenire molti decessi attraverso la rianimazione cardio-polmonare, attività generiche di primo soccorso e il tempestivo intervento da parte di personale medico.

Esistono inoltre sintomi meno gravi, tra i quali la mancanza di equilibrio, la temporanea paralisi, la rottura dei timpani o la diminuzione delle capacità uditive, la temporanea cecità, il collasso fisico e le ustioni superficiali.

### **Come succede**

I forestali e gli altri professionisti del settore lavorano a contatto con grandi rischi in un ambiente imprevedibile: uno di questi rischi è di trovarsi vicino ad un fulmine. Più alto è un albero o una struttura circostante, maggiore sarà la probabilità di essere colpiti.

Con l'avvicinarsi di nuvole temporalesche (passano meno di 25 secondi tra l'avvistamento del lampo e il rumore del tuono), è necessario prendere precauzioni immediate; dopo il passaggio del temporale si dovrebbe osservare lo stesso lasso di tempo tra lampo e tuono.

E' possibile installare in siti ricreativi o su veicoli apparecchi elettronici che consentono di monitorare meglio il potenziale del fulmine.

### **La sicurezza**

Secondo alcune statistiche, una persona alta 180 cm ha una probabilità in 1.500 anni di essere colpita direttamente da un fulmine in un campo aperto; il rischio è minimo, ma poco importa a coloro che sono stati feriti o sono morti. La prudenza è vitale per minimizzare i danni e la sopravvivenza della vittima dipende in massima parte dal primo soccorso, che deve essere tempestivo ed appropriato; inoltre le vittime dovrebbero essere tenute sotto osservazione per alcuni giorni dopo il colpo ricevuto, anche se le ferite iniziali non destano preoccupazione.

### **Il colpo**

Le ferite da fulmine avvengono in tre modi, separati o in combinazione tra loro: 1) quando il corpo si trova sulla traiettoria dello scambio di cariche tra la nuvola ed il terreno (shock elettrico); 2) quando il corpo si trova all'interno della zona di impatto del fulmine; 3) quando il corpo si trova vicino ad un fulmine ed è soggetto all'impatto fisico (onda sonora, lampo di luce, caduta di detriti, ecc.).

Il livello delle ferite dipende dalla quantità di corrente sprigionata dal fulmine e dalla sua durata, ed anche dalla capacità di conduzione e dalle caratteristiche del terreno; nel caso di un fulmine di media intensità e durata (milioni di volts, 35.000 ampere, 200 millisecondi di durata), un abbigliamento normale (scarpe incluse), le condizioni del corpo e la resistenza elettrica della pelle (circa 750 ohm) influiscono poco o nulla sulla traiettoria del fulmine o sui danni subiti.

### **Il corpo**

Diversi tipi di ferite si verificano a seconda della corrente, della durata e della vicinanza della vittima: gli esseri umani possono percepire la corrente elettrica e

reagire ad essa da 4 milliampere in su; una persona può ancora controllare la muscolatura se sottoposta ad una quantità di corrente fino a 10 milliampere. Nell'intervallo tra 25 e 50 milliampere vengono bloccati i muscoli che sovrintendono alla respirazione; tra i 50 e i 100 milliampere si verifica l'arresto cardiaco temporaneo.

Se il livello sale oltre i 300 milliampere la corrente diviene solitamente fatale; la portata di un fulmine è stata misurata in migliaia di ampere, superando in media di un milione di volte l'intensità degli stimoli elettrici fisiologici.

### **La potenza**

Le condizioni secondo le quali si verifica un fulmine sono simili ma non equivalenti allo shock elettrico generato dalla corrente elettrica che normalmente conosciamo; il fulmine "lampeggia" generalmente all'esterno del corpo. Il flusso di corrente si muove dall'esterno, entrando nelle aperture del corpo stesso, come gli occhi, le orecchie ed il naso; i nervi ed il sangue trasportano il flusso all'interno, mentre le ossa e il tessuto grasso vengono surriscaldate. La pelle brucerà dove è più secca o in zone del corpo callose, come mani e piedi.

### **Cuore e polmoni**

La causa principale dei decessi tra i fulminati è l'arresto cardiaco o circolatorio; il cuore, dopo un colpo di fulmine, può smettere di battere regolarmente e si può verificare una fibrillazione ventricolare che causa problemi alla circolazione.

Questo tipo di effetto è molto comune e può durare per un periodo abbastanza lungo; quando il cuore si ferma, tenderà comunque di ripartire anche se il ritmo non è adeguato al pompaggio del sangue. I due terzi dei soggetti seriamente feriti riferiscono problemi di scarsa circolazione alle braccia ed alle gambe.

Anche la respirazione può essere arrestata e in genere riparte da sola se il cuore funziona regolarmente; il ritardo nel recupero può durare diversi minuti. Se il cuore riparte mentre la respirazione rimane bloccata il soggetto è spacciato.

### **Ulteriori danni**

Altre ferite provocate dal fulmine sono: 1) cadute causate dalla perdita di controllo dei muscoli; 2) rotture da onda d'urto sonora; 3) l'impatto sonoro e luminoso.

Si può verificare la rottura dei timpani associata alla mancanza di equilibrio; quest'ultima può permanere nel breve periodo o sviluppare sintomi da vertigine nel lungo periodo. Anche i danni agli occhi possono essere gravi, con la formazione di cataratte; gli effetti dello shock al cervello dati dalla pressione generalmente non durano a lungo. Possono invece essere permanenti quelli legati alla perdita di memoria e quelli psichiatrici (sviluppo di fobie).

### **Fratture ed ustioni**

Le vittime di un fulmine devono essere trattate come se avessero avuto un incidente, e non come se fossero semplicemente ustionate, data la profondità dei danni ai tessuti

e l'impatto fisico generale. Se la vittima è incinta, sarà necessaria l'immediata osservazione e monitoraggio del feto.

Due dei più frequenti effetti dell'impatto di un fulmine sono costituiti da lievi bruciature e dalla perdita dei vestiti, strappati dal corpo dall'onda d'urto. E' fondamentale comprendere che la corrente sprigionata dal fulmine, anche nella zona di impatto a terra è sufficiente a carbonizzare la materia organica; nei sopravvissuti si riscontrano ustioni in corrispondenza di oggetti metallici indossati. Possono essere punti di ustione anche apparecchi ortodontici, sostegni per le gambe, chiodi alle ossa, occhiali con montatura in metallo, gioielli, cinture, fibbie delle scarpe, orologi, telefoni o cercapersone, rivetti di metallo e chiusure lampo.

### **Primo soccorso**

- Fare attenzione alla presenza di linee elettriche abbattute; operare come se ogni linea fosse attiva; non toccare e non avvicinarsi alla vittima se si suppone che sia a contatto con le linee.
- Le vittime non sono cariche di elettricità dal fulmine, e possono essere soccorse immediatamente se non c'è pericolo dalle linee elettriche.
- Seguire le procedure standard di primo soccorso, effettuando la rianimazione cardio-polmonare se la vittima non ha pulsazioni e non respira.
- Alle vittime non dovrebbe essere consentito di andarsene prima di un esame accurato e di successivi controlli medici per diversi giorni successivi.

### **Minimizzare i rischi**

Esistono infine alcuni consigli di senso comune, anche se niente può proteggere completamente; cercare riparo in veicoli con guscio esterno in metallo, con i finestrini chiusi, oppure in costruzioni coperte provviste comunque di pavimentazione (non di terra). Altri suggerimenti da tenere a mente durante un temporale:

- Evitare punti elevati del paesaggio.
- Non aumentare la propria altezza relativa se vi sono oggetti o strutture circostanti; restare in basso.
- Non posizionarsi vicino a strutture od oggetti alti.
- Allontanarsi da pali, torri e cavi di corrente posizionati a poca profondità nel terreno.
- Evitare di fare parte di circuiti metallici o idrici.
- Non toccare o sporgersi verso oggetti metallici come ringhiere, veicoli o pali. Nel caso dei veicoli, posizionarsi completamente all'interno o allontanarsi da essi.
- Allontanarsi dall'acqua, da pozzi, tubazioni, pompe o sistemi di irrigazione.
- Non toccare altre persone.
- Spegner e staccare l'alimentazione di apparecchiature funzionanti con circuiti integrati come computer, telefoni, modem, strumenti di navigazione, monitor e apparecchiature di controllo.
- Allontanarsi da antenne.

- Allontanarsi da recinzioni elettrificate e sistemi parafulmine.
- Sollevare ogni apparecchio che si trovi in contatto con il terreno o con acqua per spezzarne il contatto.
- Se ci si trova in spazi aperti senza ripari adeguati, cercare un punto il più in basso possibile ed assumere la posizione più protettiva: accucciarsi con i piedi uniti, la testa bassa e le mani sulle orecchie.
- Non stendersi sul terreno.
- Contrariamente a quanto si dice, il tipo di scarpe o stivali indossati non protegge dai carichi di corrente di un fulmine.