

Colpi di fulmine

Sviluppano l'energia di una centrale nucleare e le radiazioni di un buco nero. Sono gli eventi più potenti (e misteriosi) dell'atmosfera.



ARIA ELETTRICA. Nella foto grande, un temporale in Arizona: dalla nube si sprigionano decine di fulmini. A sinistra, Sean e Michael McQuilken coi capelli in aria.

Era un agosto bollente, e i fratelli Sean, Mary e Michael McQuilken erano al Parco Nazionale delle Sequoie in Sierra Nevada (Usa), per una scampagnata con amici. All'improvviso il cielo è diventato plumbeo. L'anello di Mary, quando alzava la mano, emetteva uno strano ronzio. E i capelli restavano ritti sulle loro teste. I ragazzi hanno avuto giusto il tempo di posare per un paio di foto: subito è scoppiata una violenta grandinata, e i tre sono corsi a cercare un riparo. Ma il cielo è stato squarciato da un lampo, seguito da un'esplosione. Un istante dopo, Sean, 12 anni, era disteso a terra con la schiena fumante: era stato colpito da un fulmine. Si è salvato solo perché Michael, 18 anni, lo ha rianimato.

Correva l'anno 1975, e, da allora, la loro foto coi capelli in aria ha fatto il giro del mondo: l'agenzia meteo degli Usa, il NOAA, l'ha pubblicata in un opuscolo sui rischi di fulmini per i campeggiatori. Un pericolo non così lontano: sulla Terra si abbattono, ogni secondo, almeno 50 fulmini, oltre 4 milioni al giorno, soprattutto nelle zone tropicali. E l'Italia non è risparmiata: ne riceviamo in media quasi 4 mila al giorno (v. cartina in fondo all'articolo), soprattutto in Veneto, Friuli, Piemonte e Lombardia.

POTENZA ISTANTANEA. Eppure, nonostante questa abbondanza, i fulmini sono un enigma per la scienza: gli scontri fra cristalli di ghiaccio, grandine e gocce d'acqua che innescano le cariche elettriche in una nube (v. disegno alla prossima pag.) non bastano a spiegarne la potenza. Un fulmine medio, della durata di soli 5 microsecondi (milionesimi di secondo) e dello spessore di una matita, raggiunge i 33.000 °C, 5 volte il calore della superficie del Sole. E ha una potenza istantanea di 750 MW (pari a una centrale nucleare) e una tensione di 15 gigavolt, 40mila volte quella generata da una centrale elettrica. Se si trovasse il modo di utilizzarla, una singola saetta potrebbe sviluppare 210 kWh, abbastanza per alimentare un appartamento per 3 giorni.

In realtà, solo un fulmine su 10 colpisce il terreno: la maggior parte scocca in cielo. Ma quando arrivano a terra i danni sono enormi (v. riquadro alla prossima pag.): ogni anno muoiono folgorate almeno 6mila ▶

ERUZIONE E SCARICHE.
I fulmini generati dagli scontri fra gas e polveri durante l'eruzione del vulcano Halemaumau (Hawaii).



Le zone più colpite sono quelle fra mare e montagne

persone, soprattutto in Africa. Senza contare altri tragici effetti, come l'incendio che a giugno ha infiammato per giorni i boschi di Pedrógão Grande (Portogallo), causando 64 morti. L'apocalisse è stata innescata da un fulmine che ha colpito un albero: la scarica ne ha fatto evaporare la linfa all'istante, e la violenta pressione ha fatto esplodere la corteccia, facendo bruciare la vegetazione vicina, già secca per un'intensa ondata di calore.

GAS E SCINTILLE. Ecco perché i fulmini sono monitorati in tempo reale. Tanto più che possono aiutare a capire il clima globale: a ogni aumento di temperatura di 1 °C corrisponde un incremento del 12% di fulmini, che a loro volta producono ozono, un gas serra.

I fulmini sono quindi di grande attualità. Soprattutto d'estate, la loro stagione clou: la dinamica che dà inizio al fulmine è infatti il calore del Sole che riscalda la superficie terrestre, facendone evapora-

re l'acqua. L'aria calda umida sale, formando nuvole sempre più enormi, i cumulonembi (possono arrivare a 12 km di altezza), nei quali si crea una forte turbolenza fra le gocce d'acqua e le particelle di grandine e ghiaccio. Queste collisioni (v. disegno) innescano le cariche elettriche: goccioline d'acqua e cristallini di ghiaccio si caricano positivamente, salendo; la grandine molle (graupel) si carica negativamente, scendendo verso il basso.

MASSE D'ARIA. In sostanza, una nube temporalesca è come una pila col polo + in alto. Pronta a sprigionare la propria energia. I fulmini trasportano a terra soprattutto cariche negative; dato che il bel tempo porta verso il terreno le cariche positive, i temporali sono il sistema con cui la natura riequilibra le cariche elettriche globali.

Perciò le zone più ricche di fulmini sono gli altopiani vicini alle montagne e lungo le coste, dove si scontrano masse d'aria con temperature e composizioni differenti. Infatti le regioni italiane più "fulminate" sono soprattutto quelle ai piedi delle Alpi e vicino alle coste. E questa dinamica agisce ai massimi livelli in Venezuela, alla foce del fiume Catatumbo nel lago Maracaibo, fra le Ande e il Mar dei Caraibi, dove si sviluppano 300 temporali l'anno: qui cadono 40mila fulmini a notte, 233 fulmini per km², la densità più alta al mondo.

Ma che cosa innesci la prima scintilla in un fulmine? «È ancora un mistero», risponde Stefano Dietrich, ricercatore del Gruppo di ricerca sulla fisica delle nubi e delle precipitazioni all'Isac-Cnr di Roma. «Per saperlo dovremmo misurare i campi elettrici dentro una nube, ma non è possibile: i sensori, collocati su droni, palloni sonda o aerei, dovrebbero fronteggiare correnti ascensionali di 70-100 km/h. Senza contare, poi, che gli strumenti di misurazione perturberebbero localmente il campo elettrico, generando valori non obiettivi».

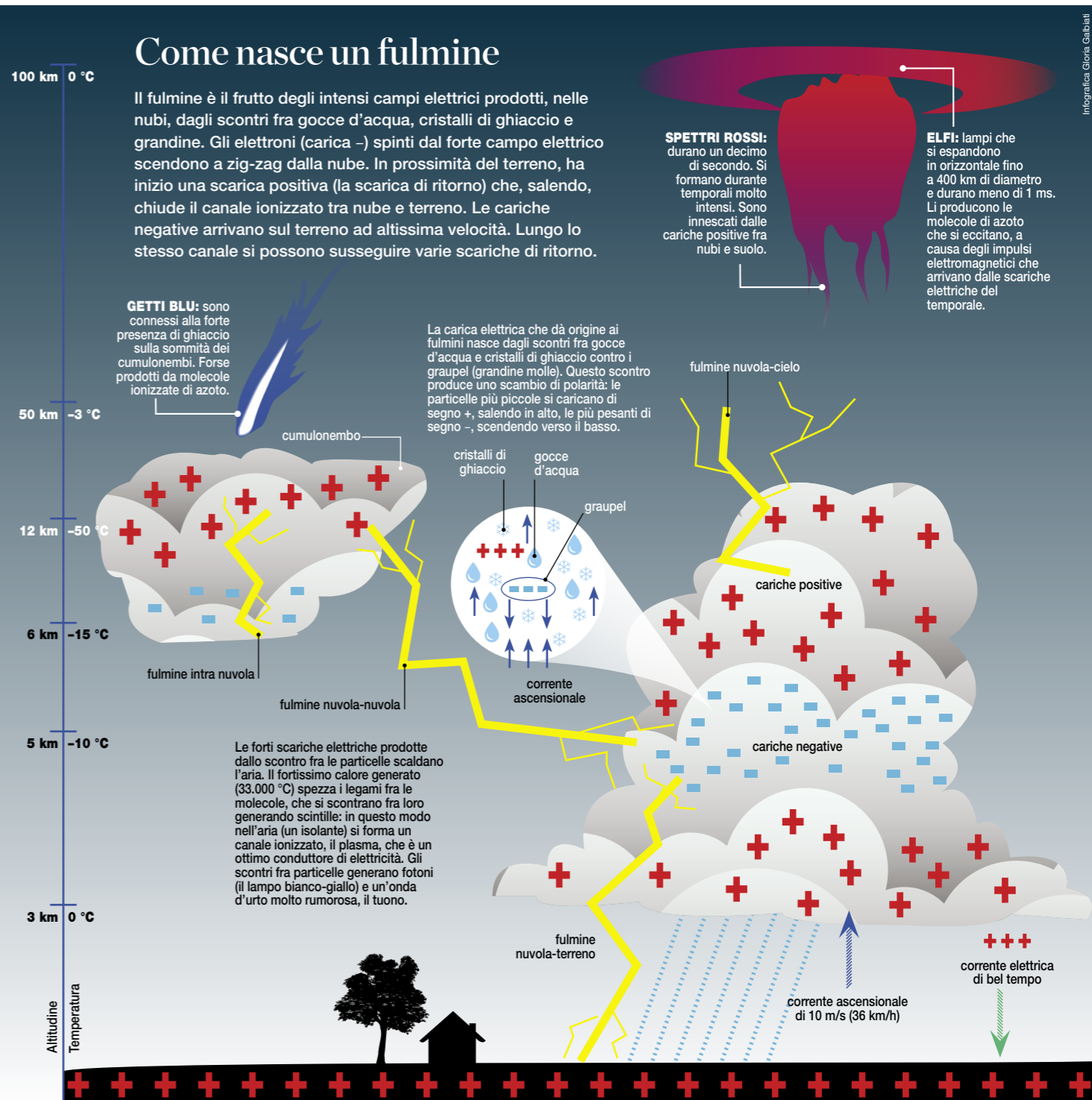
DALLE STELLE. E così, per spiegare l'origine dei fulmini si è anche ipotizzato un fattore extraterrestre: l'influenza dei raggi cosmici, le particelle ad alta energia (protoni, elettroni, fotoni) provenienti dalle stelle, che piovono sulla ▶

SAETTE DA RECORD

DISASTRI. I fulmini hanno causato disastri epocali. Ecco i più notevoli:
1769, Brescia: un fulmine colpisce la torre della chiesa di San Nazaro, adibita a deposito militare. 780 quintali di polvere da sparo esplodono scagliando pietre per un raggio di 1 km. Incerto il numero delle vittime, stimate fra 400 e 2.500.

Come nasce un fulmine

Il fulmine è il frutto degli intensi campi elettrici prodotti, nelle nubi, dagli scontri fra gocce d'acqua, cristalli di ghiaccio e grandine. Gli elettroni (carica -) spinti dal forte campo elettrico scendono a zig-zag dalla nube. In prossimità del terreno, ha inizio una scarica positiva (la scarica di ritorno) che, salendo, chiude il canale ionizzato tra nube e terreno. Le cariche negative arrivano sul terreno ad altissima velocità. Lungo lo stesso canale si possono susseguire varie scariche di ritorno.



1971, Perù: un fulmine colpisce il serbatoio del volo Lansa 508 Lima-Pucallpa. L'aereo precipita, con 91 vittime. Sopravvive solo una passeggera, la 17enne Juliane Koepcke: è precipitata, legata al sedile, nella foresta amazzonica.
1975, Bangladesh: un fulmine colpisce e uccide 21 persone in una volta.
1983, Usa: muore suicida a 71 anni Roy Sullivan, ranger del parco nazionale Shenandoah. In 35 anni di servizio

(1942-1977) è stato colpito da 7 fulmini. È finito nel Guinness dei primati.
1994, Dronka, Egitto: un fulmine colpisce tre serbatoi da 5mila tonnellate di carburante. I contenitori collasano sulla ferrovia, e l'alluvione trasporta il materiale in fiamme al villaggio di Dronka: 469 morti.
2016, Norvegia: un fulmine uccide una mandria di 323 renne selvatiche.



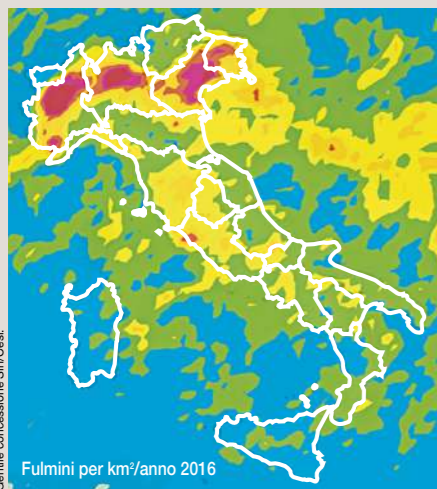
INFERNO NELLA FORESTA. Il rogo dei boschi di Pedrógão Grande (Portogallo): innescato da un fulmine.

TENSIONE PRE-GARA. L'arrivo di una tempesta sui cieli dello stadio Turner (baseball) in Arizona, Usa. In queste condizioni giocare diventa rischioso.



IN ITALIA NE CADONO 1,4 MILIONI L'ANNO

STATISTICHE. L'Italia, con la Grecia e i Balcani, è l'area europea dove cadono più fulmini: nel periodo fra 2000 e 2016, in media 1 milione e 434mila ogni anno (conteggiando solo quelli nubi-suolo e nubi-mari limitrofi). Nel 2016, i sensori del Sirf ne hanno rilevati 1.868.329: un numero elevato, ma non il più alto finora registrato. Fra il 2000 e il 2016, infatti, l'anno con più fulmini (2.475.751) è stato il 2002. Il giorno record per numero di fulmini è stato il 16 settembre del 2004: in quelle 24 ore si sono abbattuti sull'Italia 98mila fulmini, 4mila all'ora.



Fulmini per km²/anno 2016

> 6	5-6	4-5	3-4
2-3	1-2	0-1	0

Terra in ogni istante: interagendo con l'atmosfera, produrrebbero elettroni più energetici. «Ma nessuno è riuscito a dimostrarlo», commenta Dietrich. «E anche i valori delle cariche elettriche sono stati ricavati sulla base di modelli matematici. Conosciamo a grandi linee la loro dinamica, nella quale è fondamentale il moto dei cristalli di ghiaccio, ma ancora non sappiamo in dettaglio come si generino così alte energie. E non riusciamo a prevedere dove cadranno».

SENSORI. Il monitoraggio dei fulmini è vitale per diverse attività umane: dagli aeroporti, che sospendono i rifornimenti agli aerei per non rischiare tragiche esplosioni, fino ai distributori di corrente, che staccano le linee nei momenti più rischiosi. Senza contare le industrie che non possono permettersi blackout (altiforni, cartiere, vetrerie, produttori di microchip). Un modo per osservarli sono i satelliti, dotati di appositi sensori ottici: oggi ne è rimasto solo uno della Nasa, il Goes, che monitora le Americhe; dal 2021 l'Eumetsat (Agenzia satellitare meteorologica europea) lancerà il satellite Mtg che osserverà Europa e Africa. Ma

il sistema più preciso per rilevarli non sono le videocamere orbitanti nello spazio, bensì le reti di antenne radio a basse frequenze sparse sul territorio. I fulmini, infatti, emettono inconfondibili picchi d'onda: le potenti emissioni radio provenienti da Giove, per esempio, sono causate proprio dai fulmini ad alta tensione che si sviluppano sul pianeta gigante. In Italia esistono due reti di questo genere, ciascuna con 20 sensori sparsi in tutto il Paese: una è quella dell'Isac-Cnr, avviata nel 2005 (fa parte della rete europea Linet); l'altra è il Sistema italiano rilevamento fulmini, Sirf, fondato nel 1995 dal Cesi (Centro elettrotecnico sperimentale italiano, società di Terna ed Enel), oggi nella rete europea Euclid. Con il riscaldamento globale si è registrato anche un aumento di fulmini? Sorpresa: almeno in Italia, no. «Abbiamo dati omogenei solo per gli ultimi 16 anni: non è un periodo sufficiente per trarre conclusioni sui mutamenti climatici, che si osservano in almeno 30 anni», precisa Marina Bernardi, responsabile del Sirf. «Osserviamo, invece, un andamento ciclico dei fulmini: salgono da 1 milione a quasi 2,5 milioni l'anno per poi ridiscen-

RAMIFICATI.

La costa di Platamonas (Grecia) con il cielo attraversato da scariche di fulmini: la Grecia è uno dei Paesi più colpiti in Europa.



Inquadra la pagina, esplora questa foto a 360° e scopri come calcolare a che distanza è caduto un fulmine

SCARICA LA APP (INFO A PAGINA 7)



dere. Da cosa dipenda questa ciclicità non lo sappiamo ancora. È vero, però, che oggi abbiamo temporali meno frequenti ma più intensi e ricchi di fulmini». Poter prevedere questi eventi estremi è cruciale. Così il Cnr e la Protezione Civile hanno sviluppato la piattaforma di visualizzazione Mams, che comprende i dati sui fulmini. «Grazie a questi strumenti», racconta Marco Petracca, collaboratore del dipartimento della Protezione civile, «possiamo fare previsioni meteo più precise a breve termine».

BUCHI NERI. Altre scoperte sui fulmini sono state possibili grazie ai satelliti, che negli ultimi 25 anni hanno fotografato ad alta quota, fra i 50 e i 100 km, particolari formazioni luminose: *blue jet*, *sprites* ed *elves* (getti blu, spettri ed elfi v. *disegno alle pagine precedenti*), che si sviluppano in corrispondenza dei temporali. Le tensioni elevatissime che si creano nelle nubi temporalesche, infatti, possono spingersi anche verso l'alto, portando gli elettroni a scontrarsi con le molecole di gas atmosferico (soprattutto azoto), producendo così questi lampi. Ma sono fenomeni molto difficili da studiare per-

ché emettono luci deboli e di brevissima durata. E ancora più elusive sono altre particelle prodotte dai fulmini, i raggi gamma. Sono le radiazioni elettromagnetiche a più alta energia: le emettono anche i buchi neri, per esempio. Nel 2010 il satellite Agile, lanciato dall'Agenzia spaziale italiana, ha scoperto che questi raggi sono prodotti anche sulla Terra, vicino alle violente tempeste tropicali che scoppiano all'altezza dell'Equatore. Anche i raggi gamma sono prodotti dal moto degli elettroni nelle nubi: raggiungendo un'energia elevata, innescano una reazione a catena liberando altre particelle dopo l'urto coi nuclei degli atomi dell'aria. Le nubi temporalesche, insomma, sono acceleratori naturali di particelle: producono non solo raggi gamma

ma anche, in alcuni momenti, antimateria. Come avviene, in modo artificiale, nel tunnel di 27 km del Large Hadron Collider (Lhc) al Cern di Ginevra. Anche in Italia è in corso una ricerca sull'alta energia sprigionata dai fulmini. «Con l'Agenzia spaziale italiana, l'Istituto nazionale di astrofisica e altri enti, stiamo organizzando campagne di misura con aerei, satelliti e palloni sonda, per studiare le emissioni provenienti dalle nubi temporalesche», conclude Dietrich. «Questo ci aiuterà anche a elaborare protezioni per le componenti elettroniche degli aerei, che potrebbero essere danneggiate da questi fasci di particelle. E forse potremo capire qualcosa in più sui segreti della materia». **F**

Vito Tartamella

Monitorare i fulmini è vitale per le industrie che non possono permettersi blackout