



06 giugno 2019

Fulmini e saette



I fulmini sono, dati alla mano, il secondo fenomeno meteorologico più letale per la vita umana (NOAA – Storm Data), secondo solo alle alluvioni. Dal punto di vista dei danni alle attività umane, il fulmine è causa di miliardi di perdite ogni anno (EEA riporta più di 44 miliardi di euro di perdite da temporali estremi sul periodo 1998-2009, escludendo i danni da inondazione e frane).

A cura di Andrea Piazza – Meteotrentino

Con la collaborazione di:

*Marta Pendesini, Mariano Tais – Meteotrentino;
Marianrosa Pontalti e Giacomo Coelli – Ufficio Stampa PAT;
Angela Onorati e Lukas Delgiudice;
Marina Bernardi – CESI S.p.A.*

Cenni storici

Dalla mitologia alle conoscenze scientifiche

Sul pianeta Terra i fulmini, pare, cadano da almeno tre miliardi di anni e si ipotizza che possano aver avuto un ruolo nella formazione delle prime molecole organiche e quindi della vita. È stato rinvenuto anche un fossile vetroso creato da un fulmine, chiamato fulgorite, risalente a circa 250 milioni di anni fa. Dato il suo carattere “esplosivo” fino al 1700 circa il fulmine è stato considerato magico o comunque opera degli dei. Tutte le civiltà antiche avevano un’apposita divinità per spiegare il fenomeno. A noi è noto il dio greco Giove, ma nell’antico Egitto il ruolo del dio dei fulmini era di Typhon (Seth). Un reperto archeologico della Mesopotamia, del 2200 a.C., mostra un dio con in mano un fulmine ma reperti di divinità dei fulmini sono stati trovati anche in Siria (900 a.C.) e in Cina dove la relativa divinità rispondeva al nome di Tien Mu. In India invece il dio dei fulmini era Indra e molte statue riportano il Buddha con un fulmine nella mano destra. Come noto, almeno dal 700 a.C. circa la divinità greca Zeus e poi quella romana Giove erano deputate a giustificare l’esistenza dei fulmini. In Scandinavia i fulmini venivano creati dal magico martello Mjollnir del dio Thor. I Buryati, popolazione russa che viveva nella zona del lago Baikal, credevano che il loro dio producesse i fulmini lanciando delle pietre dal cielo. Diverse popolazioni dell’Africa e del Nord America credevano che i fulmini fossero originati da un uccello di tuono (il famoso thunderbird) che dalle nuvole scendeva fino a terra.

I fulmini, oltre ad uccidere spesso gli animali e talvolta anche gli uomini, erano (e sono) in grado di provocare ingenti danni alle strutture. Il campanile della chiesa di San Marco a Venezia, per esempio, fu danneggiato da fulmini nel 1388, 1417, 1489, 1548, 1565, 1653, 1745, 1761 e 1762. Nel 1766 fu installato un parafulmini, inventato da Benjamin Franklin nel 1754, e da allora non si registrò più alcun danno. Nel 1718 ben ventiquattro campanili sulla costa della Bretagna furono danneggiati dai fulmini apparentemente durante la stessa tempesta e nel 1769 fu colpita da un fulmine la chiesa di San Nazario a Brescia al cui interno erano state stivate circa 100 tonnellate di polvere da sparo ritenendola un luogo sicuro. Il fulmine fece esplodere la polvere da sparo: circa un sesto dell’intera città fu distrutto e morirono circa 3000 persone.

Va infine evidenziato che nel Medioevo l’unica protezione nota contro i fulmini fosse quella di pregare e suonare le campane.

Dal XIV secolo, con Cartesio, si iniziarono ad approcciare i fulmini come fenomeno scientifico. E’ con la scoperta dell’elettricità nel ‘700 che i fulmini iniziano ad essere compresi; si nota la somiglianza tra fulmini e scariche di laboratorio e si ipotizza che i temporali generino elettricità.

I primi esperimenti sistematici sono di D’Alibard (1751), basati anche su pubblicazioni di Franklin, che aveva suggerito di fare un esperimento con un parafulmine isolato dal suolo con una botte di vino. Il famoso esperimento dell’aquilone fatto da Franklin è del 1752.

Franklin notò che non tutti i monumenti colpiti dai fulmini rimanevano danneggiati e, in particolare, che gli edifici coperti da tetti di lamiera con le gronde connesse fino a terra non subivano danni, poiché il fulmine passava attraverso il metallo anziché che attraverso i muri. Nel 1754 lo stesso Franklin inventa il parafulmine.

Negli anni successivi la conoscenza dei fulmini si approfondì in particolare con l’applicazione di tecniche di spettroscopia e con la fotografia. Un importante passo avanti si ebbe grazie agli studi

sull'elettricità compiuti da Maxwell e Faraday. Proprio la gabbia di Faraday permise di realizzare ricoveri sicuri per gli esplosivi ancora oggi utilizzati, ad esempio, sulle polveriere militari. Nel 1868 Herschel osserva la riga dell'idrogeno nello spettro della radiazione emessa dal fulmine, ma è solo dal 1956 (Pierce) che vengono introdotti i primi contatori di fulmini realizzati con antenne in grado di rilevare i campi elettrici e magnetici prodotti dalla loro caduta. Le reti operative di rilevamento fulmini iniziano a svilupparsi dopo il 1976 ed in Italia il CESI installa la prima rete nel 1994.

Il fulmine è una scarica elettrica che spesso avviene nei temporali.

Ma non solo... anche nelle nubi che si generano nelle eruzioni vulcaniche

Il temporale è un fenomeno convettivo intenso accompagnato da forti raffiche di vento, precipitazioni intense anche a carattere grandinigeno e da scariche elettriche (fulmini). I temporali si possono classificare in tre tipi principali: di calore, orografici e frontali.

I temporali di calore si sviluppano quando l'atmosfera si trova in condizioni d'instabilità condizionata al raggiungimento di una certa temperatura in prossimità del suolo. Sono più probabili nella stagione calda, in montagna ed al pomeriggio sera. Sulle Alpi sono molto frequenti nel periodo estivo, circa un giorno su due

I temporali orografici si originano quando il flusso negli strati medio bassi dell'atmosfera costringe l'aria a sollevarsi per la presenza delle montagne. Se l'atmosfera sopra di una certa quota è instabile si potranno sviluppare i temporali orografici.

I temporali frontali avvengono invece in corrispondenza del passaggio di un fronte, prevalentemente di tipo freddo, anche se frequenti sono i temporali in corrispondenza dei fronti occlusi mentre più rari sono quelli in concomitanza all'arrivo dei fronti caldi. I temporali frontali possono svilupparsi a qualunque ora del giorno o della notte e anche in inverno.



Sul Trentino una delle cause più frequenti di origine dei temporali è la cosiddetta “goccia fredda”: d’estate il suolo si riscalda molto ed è spesso sufficiente un piccolo raffreddamento in quota per permettere lo sviluppo di temporali intensi. I temporali sono potenzialmente tanto più pericolosi e violenti quanto più alta è la temperatura e l’umidità negli strati bassi dell’atmosfera. Sulle Alpi quando l’atmosfera è molto instabile il cielo si annuvola già in mattinata e si verificano frequenti rovesci. L’annuvolamento mattutino non permette di raggiungere temperature molto elevate e quindi gli eventuali temporali non sono, in genere, particolarmente intensi.

La situazione più pericolosa si verifica dopo un periodo prolungato di bel tempo che consente di raggiungere temperature via via più elevate nei bassi strati e favorisce il ristagno dell’umidità. Quando si verificano queste condizioni il pericolo rappresentato dai temporali è elevato anche perché non sono individuabili segnali premonitori: il cielo rimane prevalentemente sereno fino a poco prima dello sviluppo dei temporali che possono essere innescati anche da un lieve calo della pressione o da un leggero raffreddamento dell’aria in quota.

Si può prevedere con certezza un temporale?

La previsione classica (ovvero con 1 o più giorni di anticipo) dei temporali è molto difficile e spesso necessariamente generica. Prevedere dove e quando si svilupperà un temporale è ancora oggi impossibile mentre ciò che si può prevedere è se sono più o meno favoriti. In assenza di passaggi frontali, con pressione alta, umidità bassa e senza ulteriori cause forzanti come gocce fredde in quota, i temporali non sono favoriti. Tuttavia in queste stesse condizioni l’irraggiamento è elevato e spesso si possono comunque sviluppare i temporali di calore.

E’ sempre opportuno informarsi consultando il bollettino meteo aggiornato per svolgere le attività all’aperto, soprattutto le escursioni in montagna, preferendo il mattino, ovviamente se non sono previsti temporali in tale periodo della giornata.

In ogni caso se durante un’escursione o un’attività all’aperto si osservano uno o più dei seguenti fenomeni lo sviluppo dei temporali è più probabile:

- se il cielo tende a scurirsi;
- se già al primo mattino si formano delle nuvole molto sviluppate verticalmente;
- se la pressione cala;
- se persiste o aumenta la foschia;
- se è afoso in valle.

Si deve inoltre tenere presente che i temporali hanno una vita media di un’ora e che generalmente si spostano guidati dal flusso in quota. In un dato luogo la fase intensa dei temporali dura mediamente meno di mezz’ora. Però se i flussi sono molto deboli i temporali risultano stazionari e quindi è possibile che in aree ristrette si verifichino precipitazioni abbonanti in poche decine di minuti.

I fulmini costituiscono il pericolo maggiore dei temporali e quindi di seguito sono date alcune nozioni e regole pratiche di comportamento per ridurre la probabilità di essere colpiti dai fulmini.

Si tenga inoltre presente che esistono reti di monitoraggio in tempo reale (ad esempio la rete di precisione CESI-SIRF sull’Italia) che consentono di seguire la formazione e lo spostamento del temporale, consentendo di operare una previsione a brevissimo termine (alcune ore) ed una allerta conseguente.

Cos'è il fulmine?

Esistono quattro tipi di fulmine: tra la nube e l'aria, tra nubi diverse, all'interno della stessa nube e tra nube e terra. Sono ovviamente solo questi ultimi a essere pericolosi per chi svolge attività all'aria aperta.

I fulmini tra nube e terra sono il modo in cui la terra riacquista gli elettroni (cariche negative) che vengono continuamente "perse" col bel tempo. I fulmini nube-terra sono quindi principalmente negativi ovvero dovuti a un'enorme carica elettrica negativa che solitamente si ammassa alla base della nube e viene scaricata a terra durante il temporale. Esistono tuttavia anche fulmini positivi (circa il 10% del totale nube-terra), meno frequenti e mediamente più intensi. I fulmini nube-terra, negativi o positivi, si possono distinguere in ascendenti o discendenti a seconda che abbiano origine da terra o dalla nube.

Il fulmine avviene quando l'aria non è più in grado di fungere da isolante e tenere separata dal suolo l'enorme carica che si è ammassata alla base della nuvola. Quando il campo elettrico al suolo aumenta, può raggiungere valori così elevati che i capelli tendono a sollevarsi e sono udibili dei crepitii. Sui comignoli e sugli angoli dei tetti si possono vedere delle fiammelle azzurre chiamate fuochi di Sant'Elmo. Quando si osservano questi fenomeni la probabilità che cada un fulmine è molto elevata. Un'altra curiosità: Il fulmine è molto spesso percorso da più correnti successive, in tempi brevissimi e quindi non visibili a occhio nudo, mentre una minoranza di fulmini presenta solo una corrente.



Se si è colpiti direttamente dal fulmine, evento molto raro, si hanno basse probabilità di sopravvivenza. Il pericolo però sussiste anche quando il fulmine ci cade vicino. In questi casi la probabilità di sopravvivenza è molto più alta e circa dell' 80%. Infatti, contrariamente a quanto si crede, la corrente della scarica elettrica non entra direttamente nel terreno ma in parte " scorre" in superficie, diminuendo la sua intensità via via che ci si allontana dal punto di caduta.

Durante un temporale è quindi fondamentale toccare il terreno in un solo punto per ridurre la cosiddetta "corrente di passo", ovvero la corrente che ci percorrerebbe se i due piedi fossero distanti tra loro ed allineati col punto di impatto del fulmine; questo si ottiene tenendo i piedi uniti. I bovini e gli ovini, avendo le zampe anteriori molto distanti da quelle posteriori, sono più facilmente vittime dei fulmini a causa della corrente di passo. Poiché i quadrupedi sono statisticamente più soggetti alla

morte per fulminazione indiretta (corrente di passo) si riteneva erroneamente che, specie le pecore, attirassero in modo particolare i fulmini. La corrente di passo può essere sufficiente a provocare l'arresto respiratorio o cardiaco (più raro), bruciature della pelle e contrazioni involontarie dei muscoli che possono indurre dei bruschi movimenti incontrollati o addirittura causare fratture alle ossa.

Ad esempio anche la corda utilizzata dagli alpinisti per le assicurazioni tra persone può risultare pericolosa, specie se bagnata, perché favorisce lo scorrere della corrente tra una persona e l'altra. Anelli, collane, orecchini, braccialetti, pur non attirando in modo particolare i fulmini, possono eventualmente provocare bruciature nel caso cada un fulmine vicino a causa delle correnti indotte dalla rapida variazione del campo magnetico e/o dal calore dello stesso: per questa ragione si riteneva, erroneamente, che i monili attirassero i fulmini.

Cos'è il tuono?

Il tuono non è altro che l'onda acustica generata dal repentino innalzamento di temperatura dovuto al passaggio della scarica elettrica nel canale di fulmine; si stima che la temperatura dell'aria nel fulmine raggiunga i 30.000 °C circa.

La luce viaggia a 300.000.000 metri al secondo, mentre il suono si propaga nell'aria a circa 330 metri al secondo. Questa grande differenza fa sì che si veda prima il lampo del fulmine e solo successivamente si oda il rumore del tuono. Facendo quindi un semplice calcolo matematico, si ricava che in circa tre secondi il rumore del tuono percorre approssimativamente un chilometro.

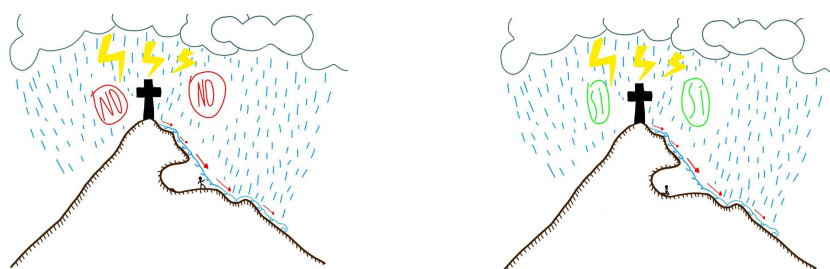
E' quindi possibile calcolare a quale distanza da noi sia caduto un fulmine conteggiando i secondi trascorsi da quando vediamo il bagliore fino al momento in cui udiamo il tuono; ci basta dividere i secondi conteggiati per tre e il risultato ci fornirà la distanza in Km.

Una curiosità: i lampi del caldo, cioè i bagliori che talvolta si osservano la notte senza sentire alcun tuono, sono originati da temporali in atto anche a centinaia di chilometri di distanza; il bagliore si vede, ma il suono si smorza molto prima di arrivare a noi.

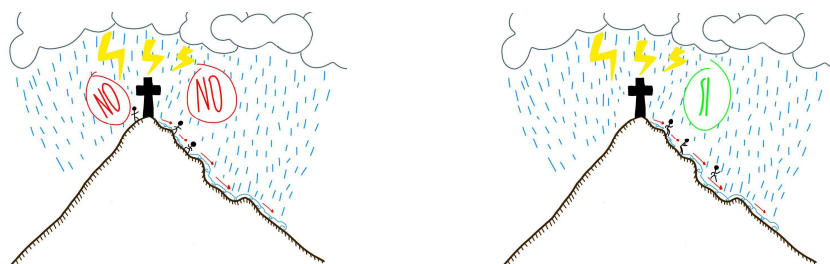
Cinque regole da seguire in presenza di temporali

Ecco alcune semplici regole di comportamento da assumere in caso di presenza di temporali tratte dai siti Internet <https://www.fulmini.it/public/info/regole.asp> e <http://www.lightningsafety.com/>.

1. Avere sempre le idee chiare su cosa fare se dovesse verificarsi il temporale. Consultare le previsioni meteorologiche aggiornate. Appena si vede un fulmine o si sente un tuono mettere in atto il vostro piano d'emergenza. Seguire il vecchio motto trentino "se toneza avanti piover sta nel campo e non ti muover" è molto imprudente. Molto meglio seguire il motto americano "If you can see it – flee it; if you can hear it – clear it" se puoi vederlo (lampo) sbrigati, se puoi sentirlo (tuono) fuggi. Infatti i lampi si vedono, specie di notte, anche a decine di chilometri di distanza mentre i tuoni si sentono solo fino a pochi chilometri.
2. Se vi trovate all'aperto andate subito in macchina coi finestrini completamente chiusi o in un edificio con porte e finestre chiuse. Se ciò non è possibile allontanatevi rapidamente dalle cime e dalle creste della montagna e dagli alberi isolati. Evitate di stare negli spazi aperti, vicino ai tralicci e ai macchinari in generale. State accucciati coi piedi uniti. Stare sotto i cavi tra un traliccio e l'altro è molto pericoloso specie se i cavi sono bassi perché questi possono scaricare direttamente a terra. Se siete in un bosco state accucciati con i piedi uniti ed il più possibile lontano dai tronchi degli alberi più alti ed evitate di stare sotto i rami bassi. Se state facendo il bagno in piscina o al lago uscite dall'acqua ed allontanatevi dalla riva. Se venite sorpresi e non riuscite a raggiungere alcun posto sicuro allontanatevi dai posti più pericolosi ed accucciatevi tenendo i piedi ben uniti. Non sdraiatevi, non sedetevi per terra, non appoggiatevi agli alberi, alle rocce ecc. Tappatevi le orecchie con le mani per evitare i danni ai timpani dei tuoni. Se avete trovato una grotta non state sull'imbocco ma più all'interno e assumete la posizione accucciata con i piedi uniti.



Evitate di stare vicino a dove potrebbe scorrere l'acqua: i torrenti si ingrossano rapidamente. Non date le mani ai compagni e state distanziati di una decina di metri.



Liberatevi di piccozze, sci, ombrelli, ombrelloni ed ogni cosa appuntita di medie dimensioni specie se rivolta verso l'alto. Non riparatevi dalla pioggia o grandine sotto tettoie o balconi.

3. Se vi trovate in casa state lontano dalle porte e dalle finestre che devono essere comunque chiuse. Evitate il contatto e la vicinanza con oggetti metallici collegati all'esterno come impianto elettrico, tubi dell'acqua, radiatori, rubinetti e telefono. Non lavate i piatti, non fate la doccia, non lavatevi. Non usate il telefono fisso, toglietevi le cuffie, spegnete o meglio togliete la spina degli elettrodomestici, computer, televisioni etc.
4. E' pericoloso stare alla finestra o sulla soglia o sotto una tettoia ad osservare i temporali. Se un fulmine cade sulla vostra casa tenderà a scaricarsi a terra passando sui muri esterni e se vi trovate sotto una tettoia o sulla soglia il fulmine potrebbe preferire di scaricarsi a terra attraverso di voi.
5. Il pericolo si considera generalmente terminato 30 minuti dopo l'ultima osservazione di tuono o fulmine.
6. Le persone colpite dal fulmine non sono cariche elettricamente e quindi non si rischia nulla a soccorrerle. Chiamate subito i soccorsi ed effettuate, se necessario, il massaggio cardiaco e la respirazione bocca a bocca. Molto frequente in caso di fulminazione è il blocco respiratorio, più raro l'arresto cardiaco. L'80% delle vittime da fulminazione sopravvive. Se il soccorso è tempestivo si aumenta la probabilità di sopravvivenza.

Climatologia dei fulmini in Trentino

In figura 1 è riportata la media annua delle fulminazioni al chilometro quadrato e con il colore fucsia sono evidenziate le aree che subiscono più di quaranta fulmini all'anno a chilometro quadrato. Si può notare come l'orografia sia molto simile alla mappa il che dimostra che i fulmini cadono preferenzialmente sulle cime e sulle creste e meno nei fondovalle. Si nota inoltre come le vallate nordoccidentali registrino pochissimi fulmini specie rispetto a quelle meridionali

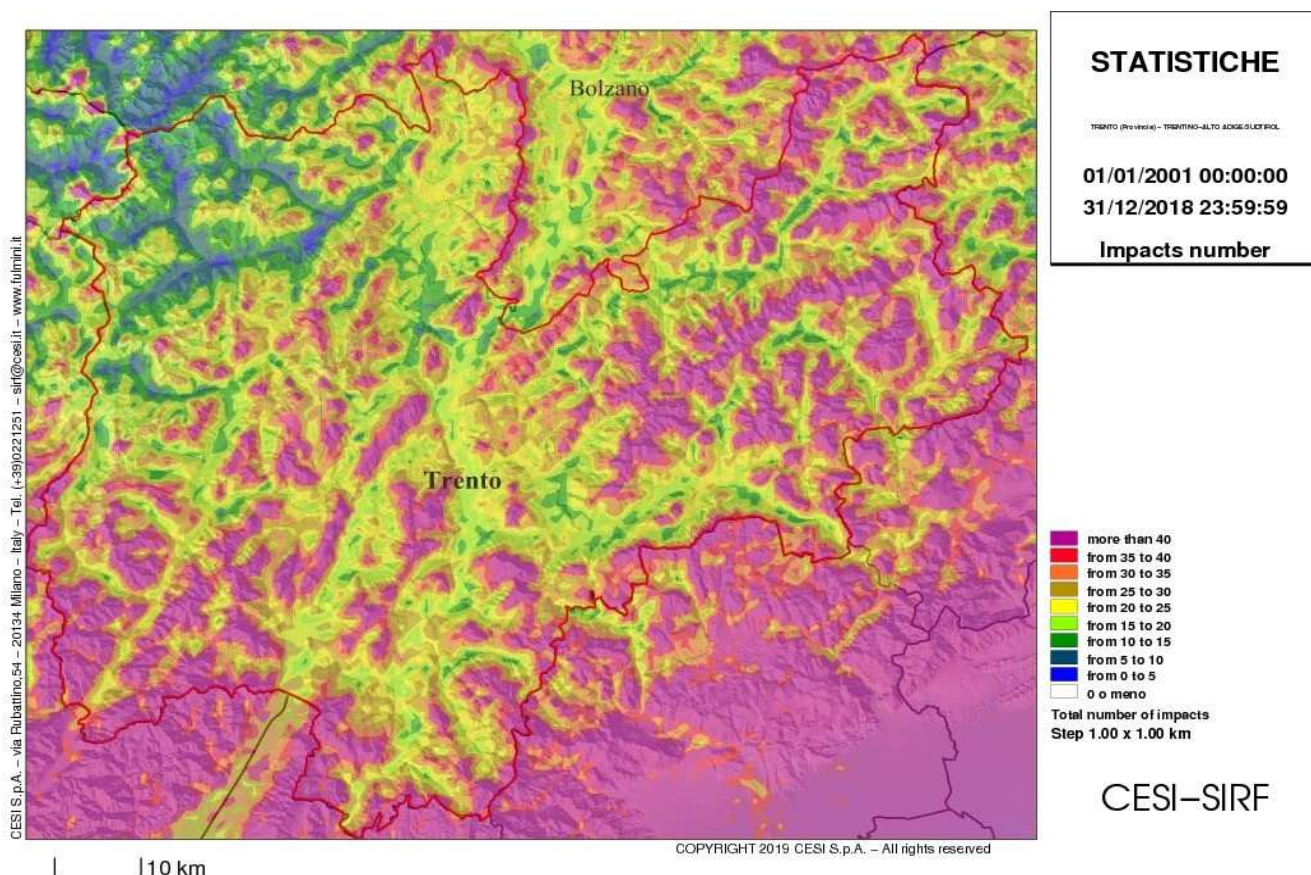


Figura 1. numero totale delle fulminazioni nube- suolo caduti dal 2001 al 2018, con definizione al chilometro quadrato – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

Nelle figure 2 e 3 sono riportate rispettivamente le fulminazioni della primavera e quelle dell'estate allo scopo di verificare se, come riportato su molti testi, le fulminazioni, in primavera, siano più

frequenti sulle Prealpi poiché le Alpi, ancora innevate, non permettono il riscaldamento dell'aria al suolo inibendo lo sviluppo dei temporali. Le figure qui riportate non paiono confermare questa teoria mentre appare evidente che in primavera i fulmini sono, in generale, molto meno frequenti che in estate. Si nota però che il maggior numero di fulmini in primavera cade su Cima Palon del Monte Bondone e su Cima Paganella e che queste cime, di fatto, fungono da parafulmini naturali per la città di Trento e Mezzocorona.

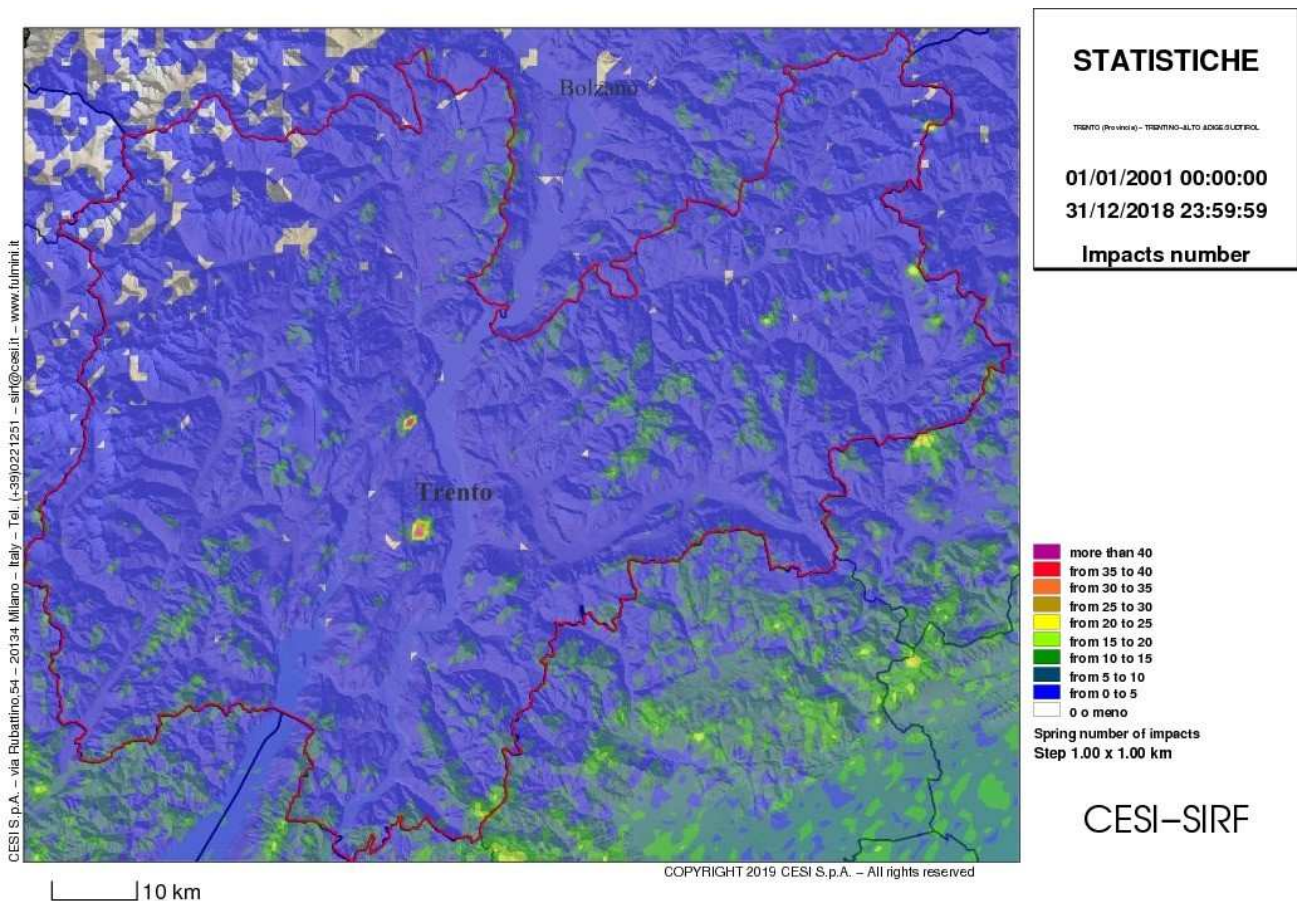


Figura 2. numero totale delle fulminazioni nube-suolo caduti dal 2001 al 2018 in primavera, con definizione al chilometro quadro – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

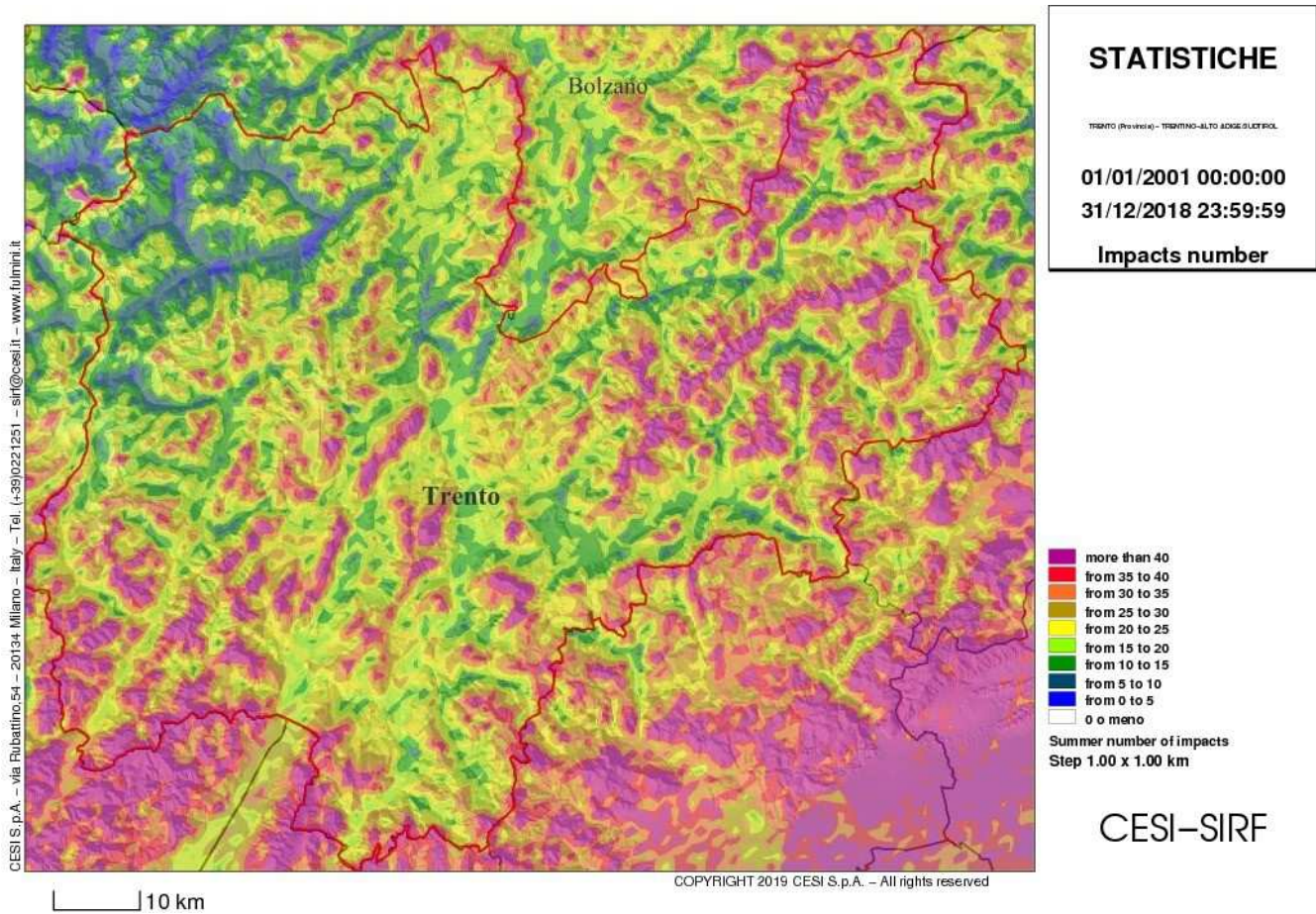


Figura 3. numero totale delle fulminazioni nube-suolo caduti dal 2001 al 2018 in estate, con definizione al chilometro quadrato – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

L'andamento delle fulminazioni per i diversi anni (figura 4) non mostra alcuna tendenza statisticamente significativa; nei conteggi si è tenuto conto degli effetti dovuti all'efficienza della rete CESI- SIRF aumentando del 5% i conteggi ante 2014, anno in cui la rete di osservazione è stata migliorata.

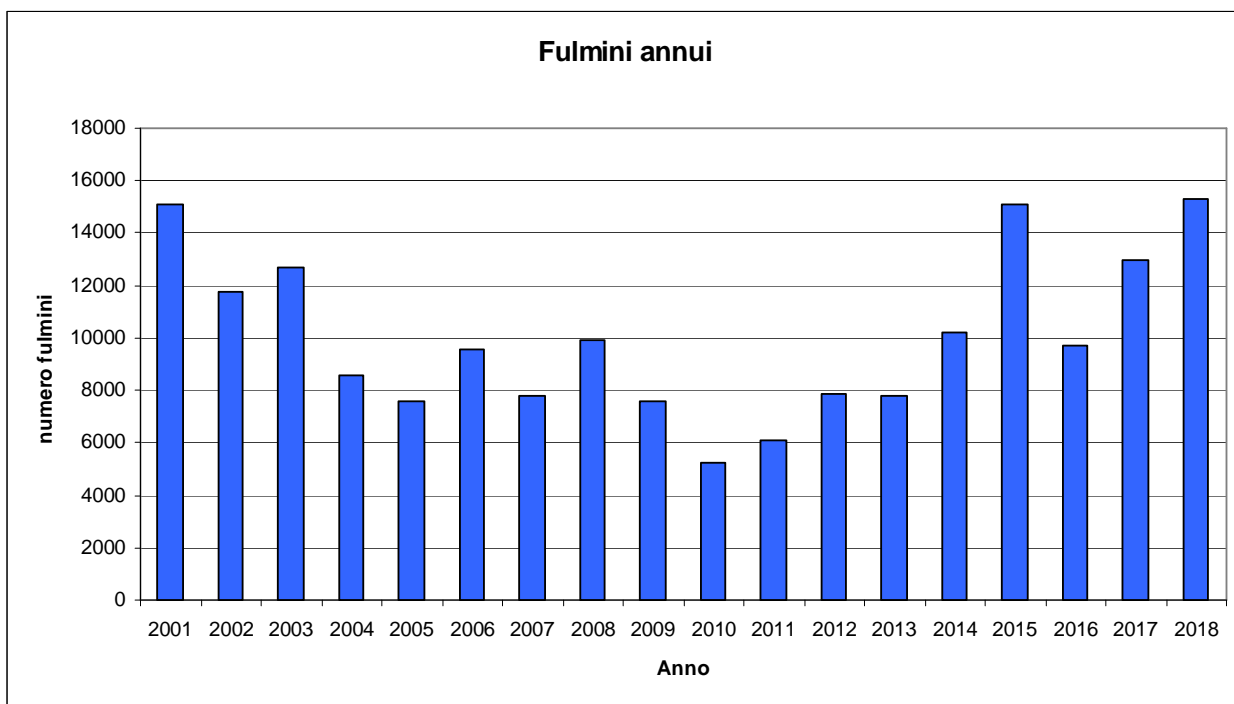


Figura 4. numero totale annuo di fulmini nubi – terra (CG) sul Trentino – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

Il grafico riportato nella figura 5 evidenzia come siano i mesi estivi quelli con più fulminazioni; in particolare il mese di luglio è quello con più registrazioni pari a circa il quadruplo della media mensile. In dicembre, gennaio e febbraio i fulmini sono invece molto rari.

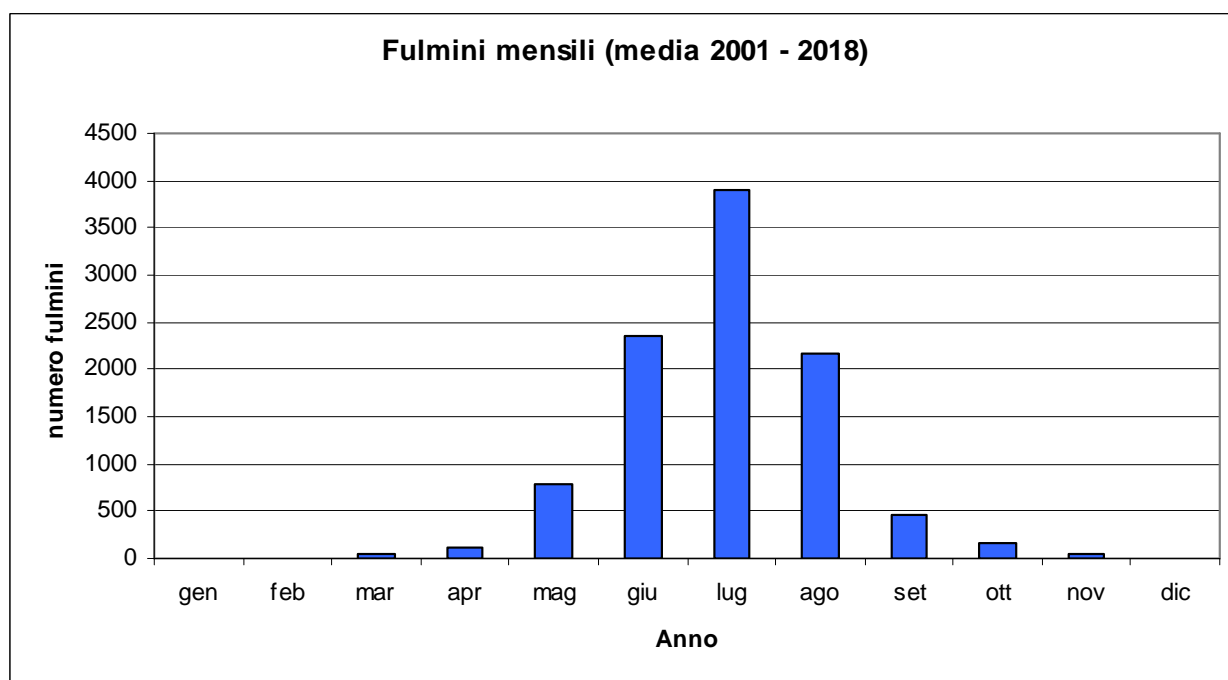


Figura 5. numero medio mensile fulmini nube terra (CG) sul Trentino – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

In figura 6 si riporta il numero di fulmini registrato per ciascuna ora dell'arco della giornata. Si nota come la maggior parte dei fulmini cada al pomeriggio sera e la minor attività elettrica si registri al primo mattino.

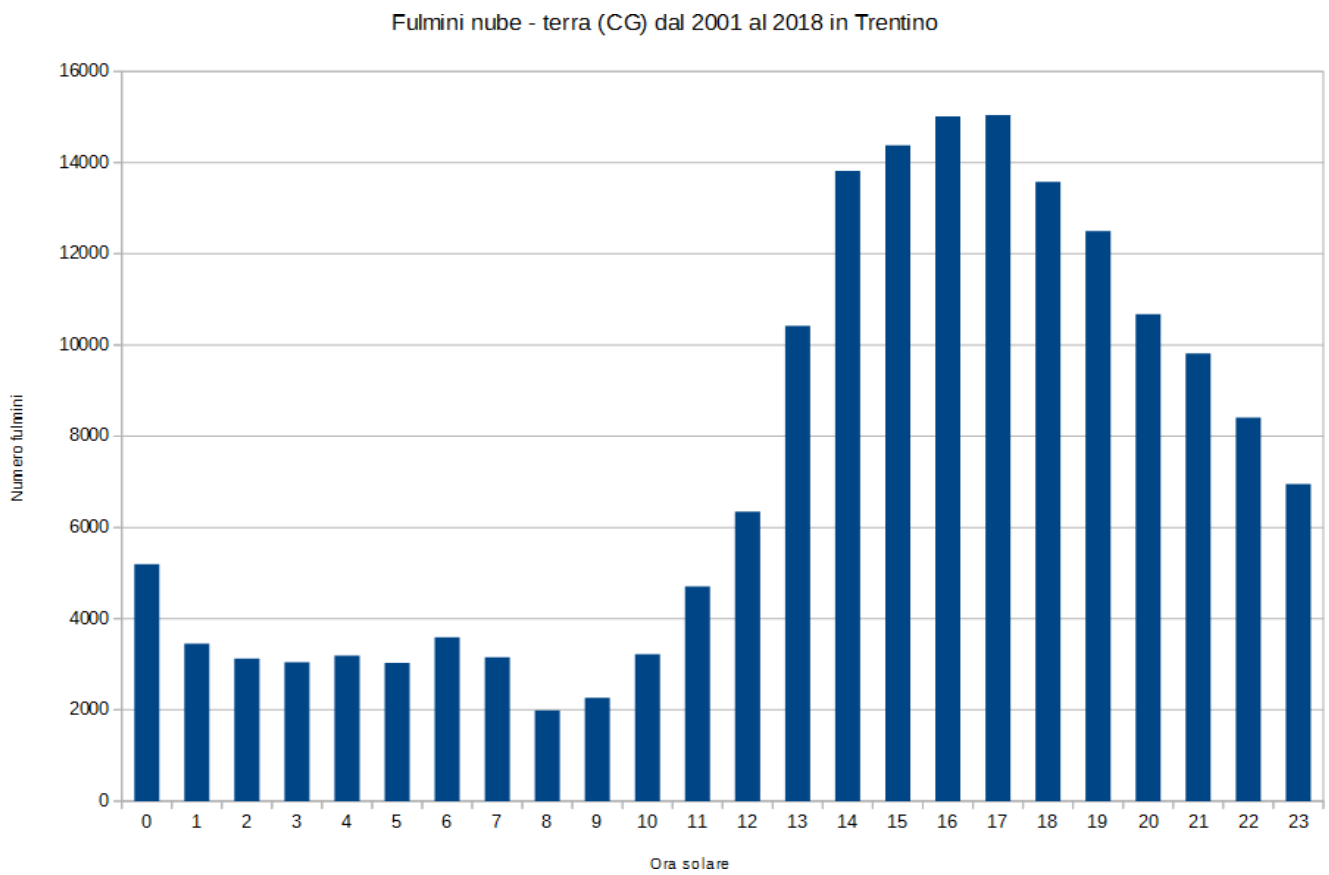


Figura 6. numero medio orario fulmini nube terra (CG) sul Trentino – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

Nelle 12 figure sottostanti sono riportate le fulminazioni registrate per ciascun mese in funzione dell'anno di osservazione. Non appare evidente alcuna tendenza statisticamente significativa.

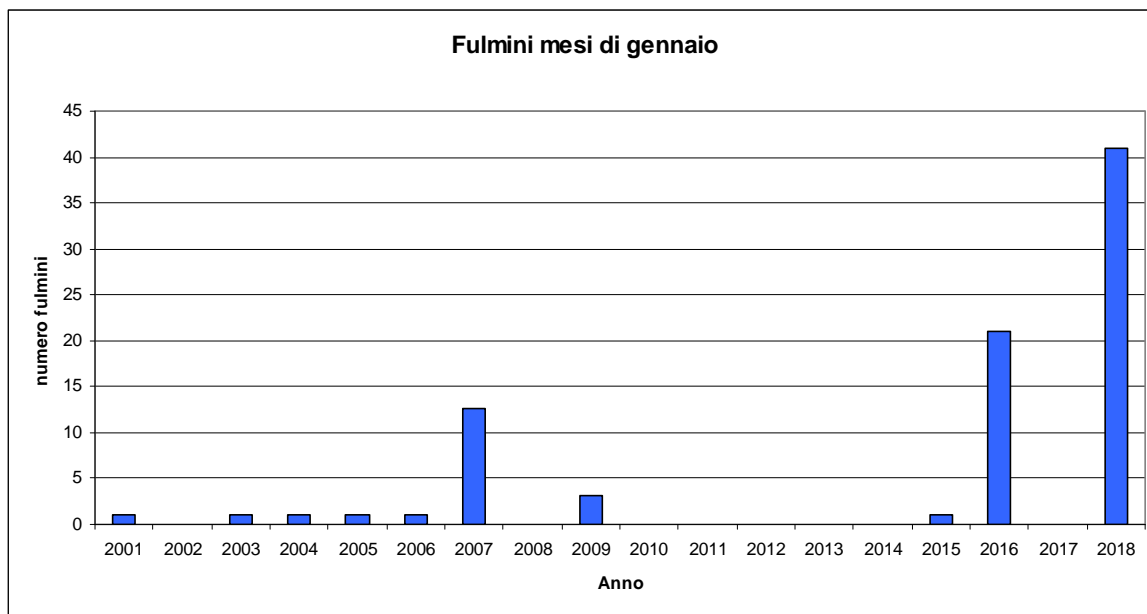


Figura 7. numero di fulminazioni nube terra (CG) di gennaio dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

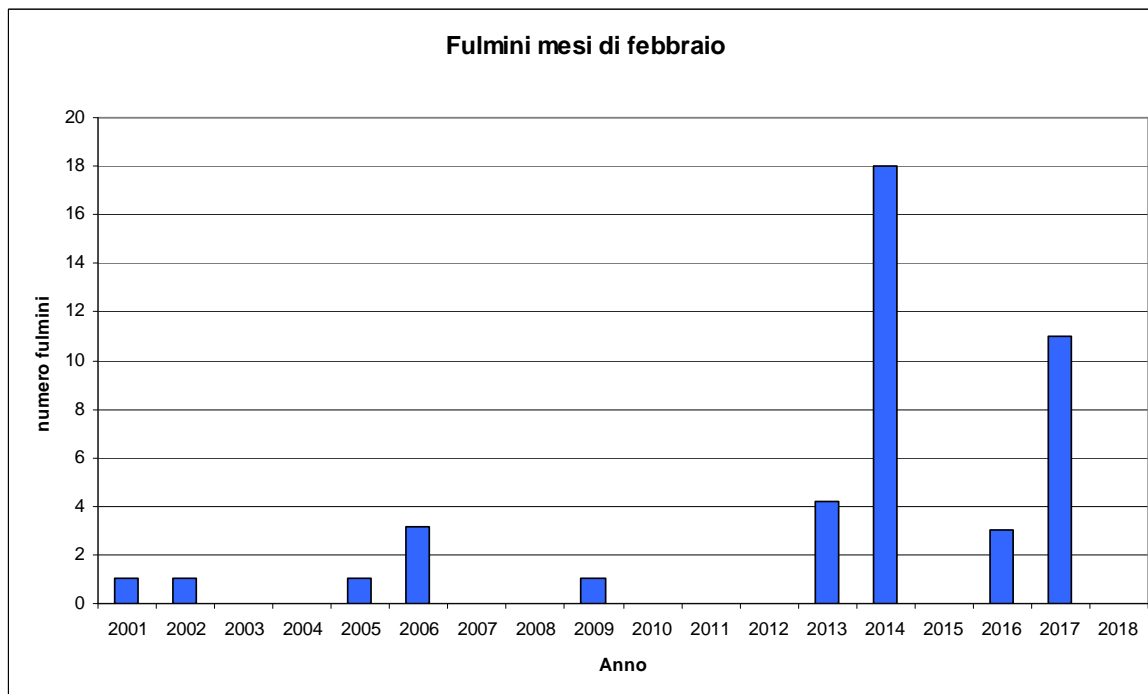


Figura 8. numero di fulminazioni nube terra (CG) di febbraio dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

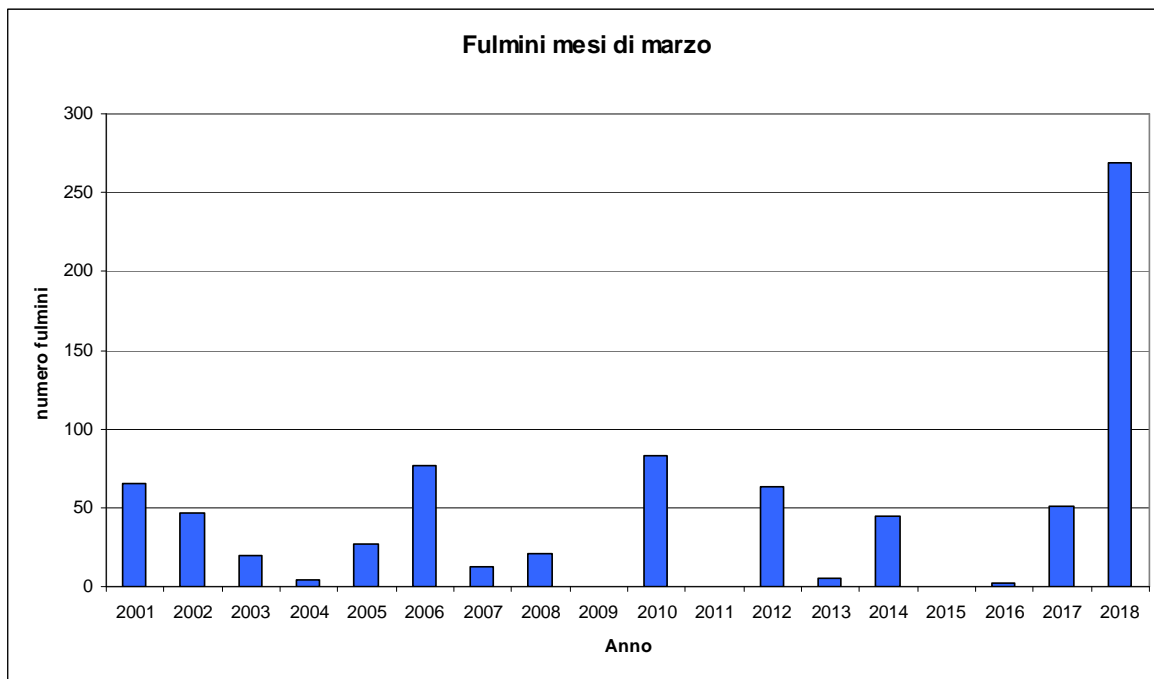


Figura 9. numero di fulminazioni nube terra (CG) di marzo dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

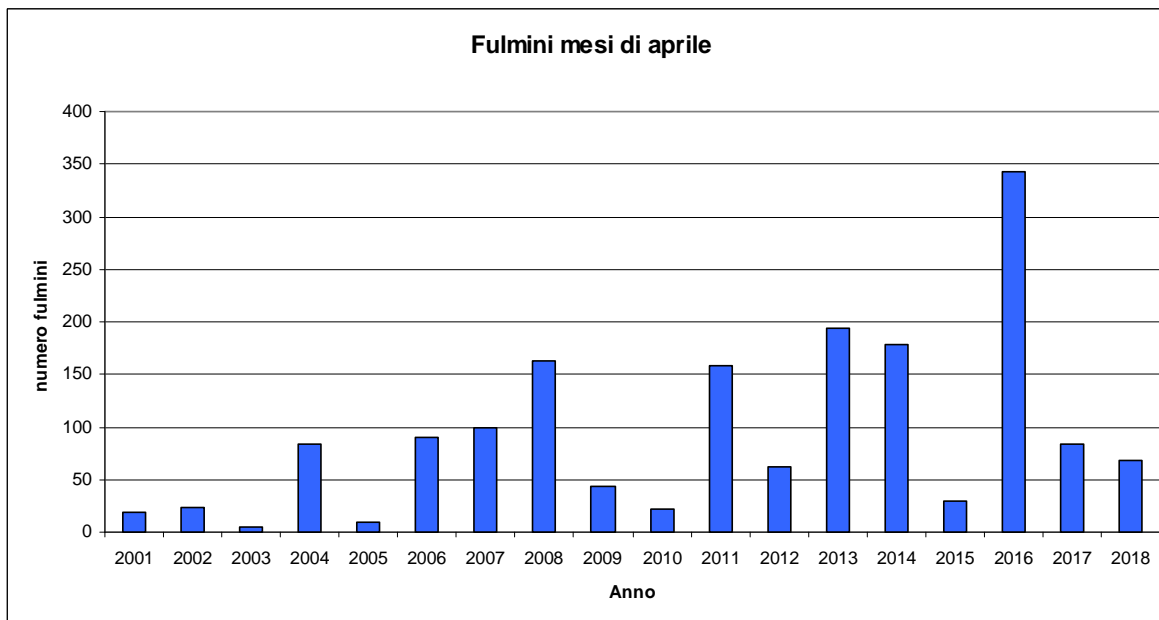


Figura 10. numero di fulminazioni nube terra (CG) di aprile dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

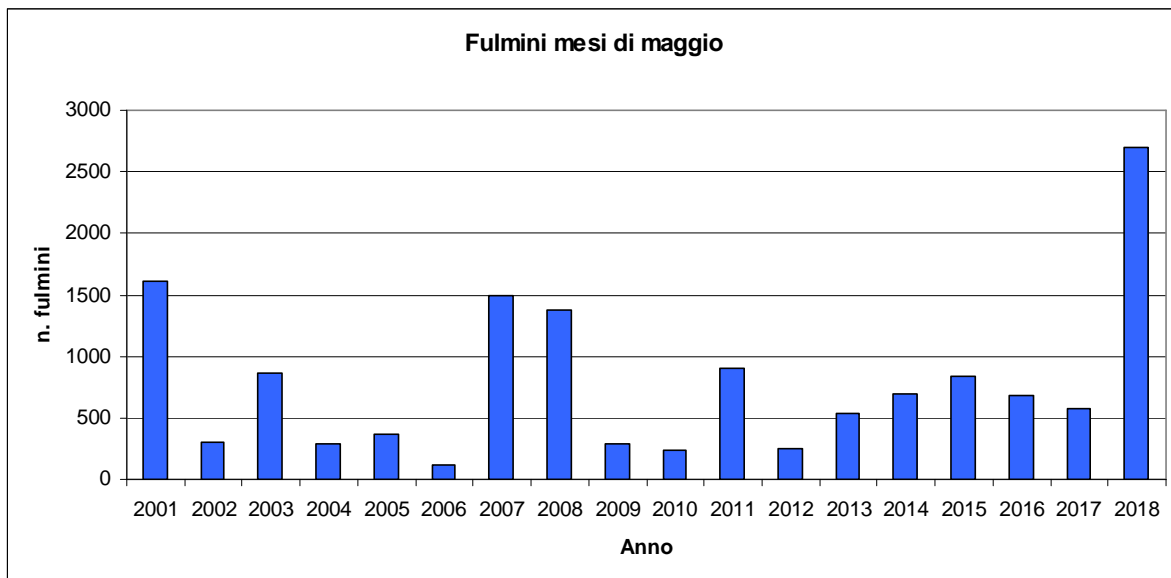


Figura 11. numero di fulminazioni nube terra (CG) di maggio dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

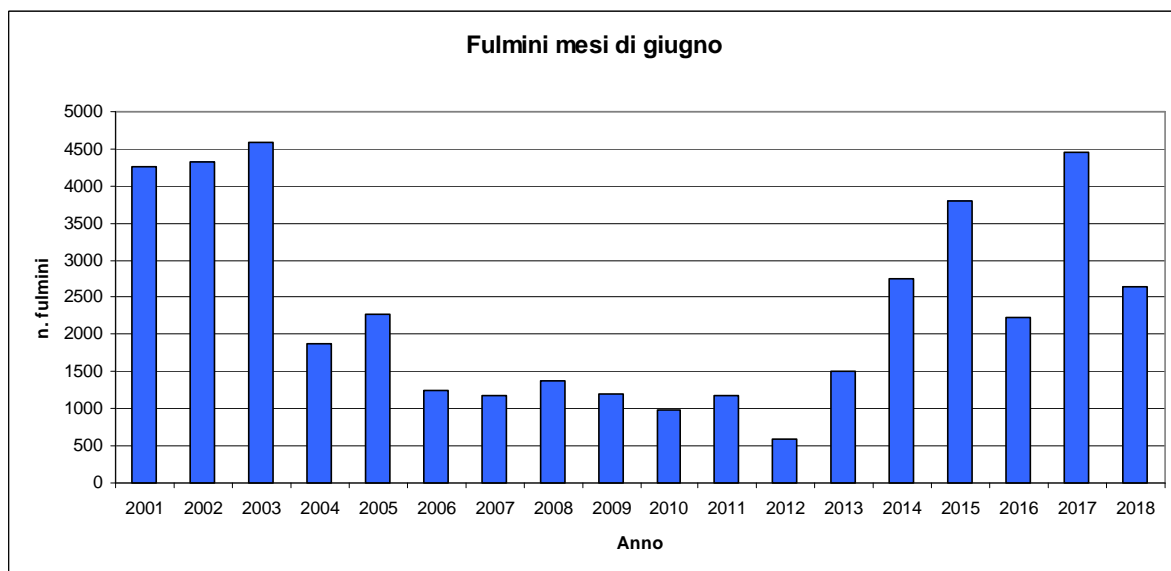


Figura 12. numero di fulminazioni nube terra (CG) di giugno dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

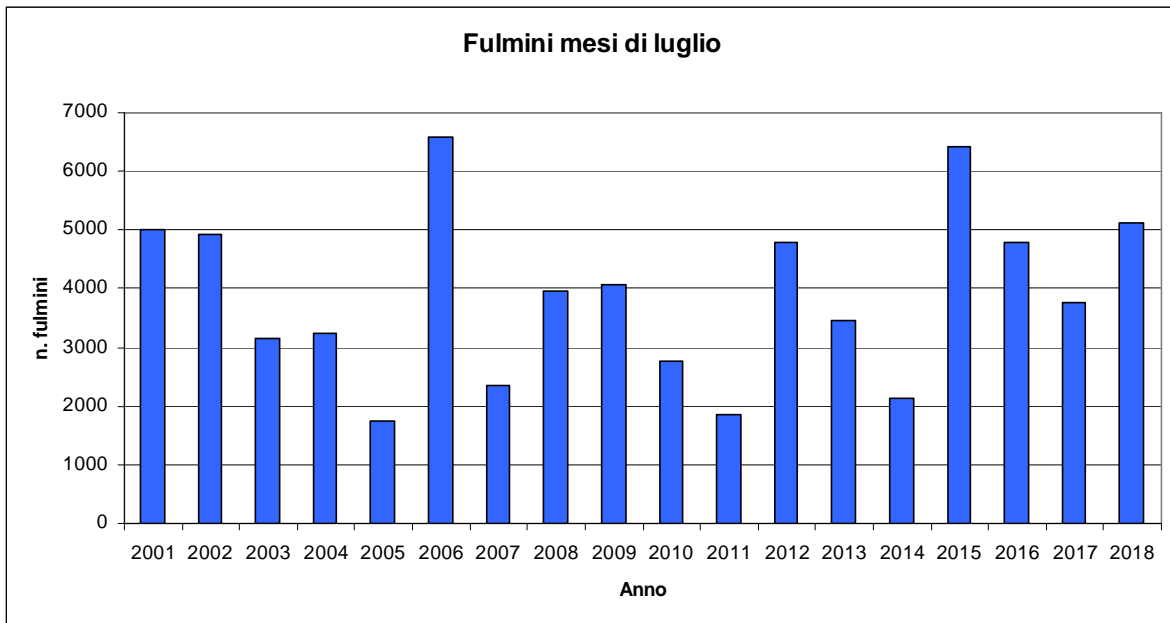


Figura 13. numero di fulminazioni nube terra (CG) di luglio dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

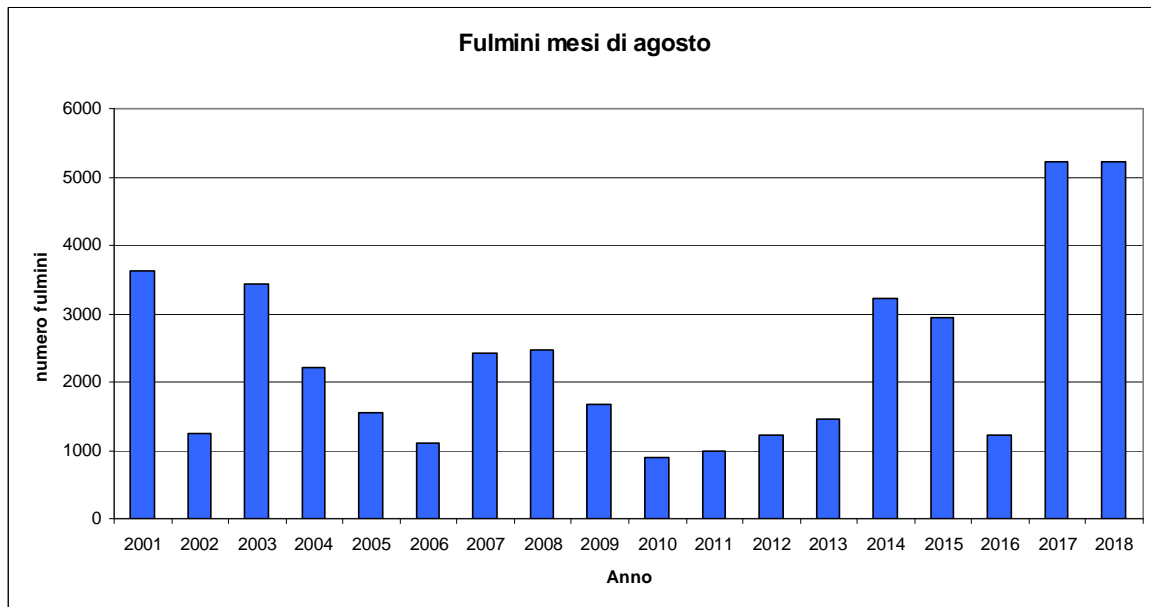


Figura 14. numero di fulminazioni nube terra (CG) di agosto dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

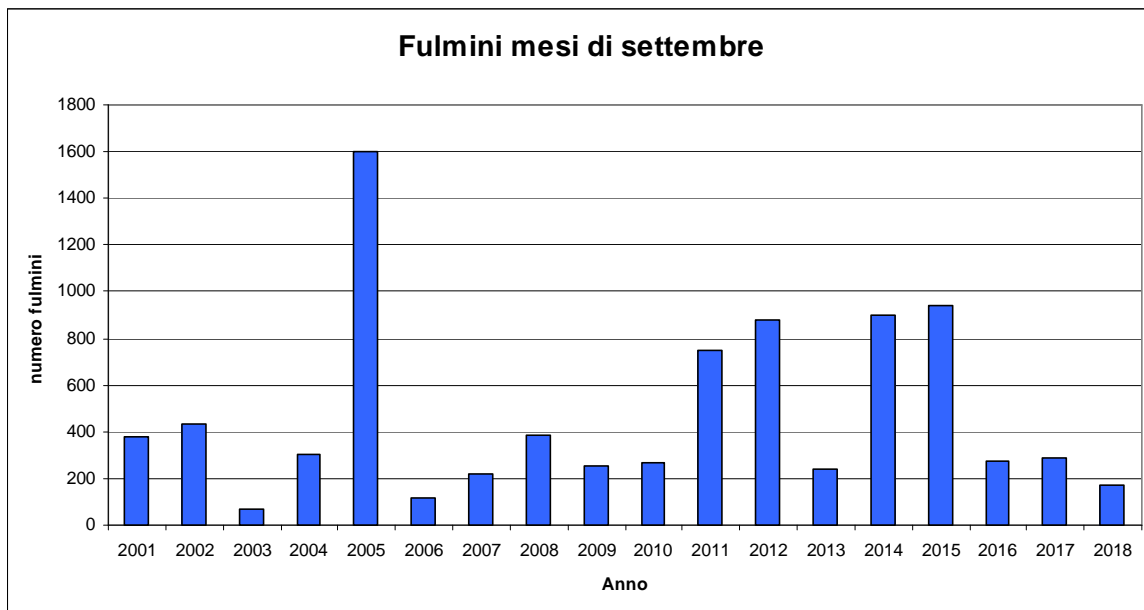


Figura 15. numero di fulminazioni nube terra (CG) di settembre dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

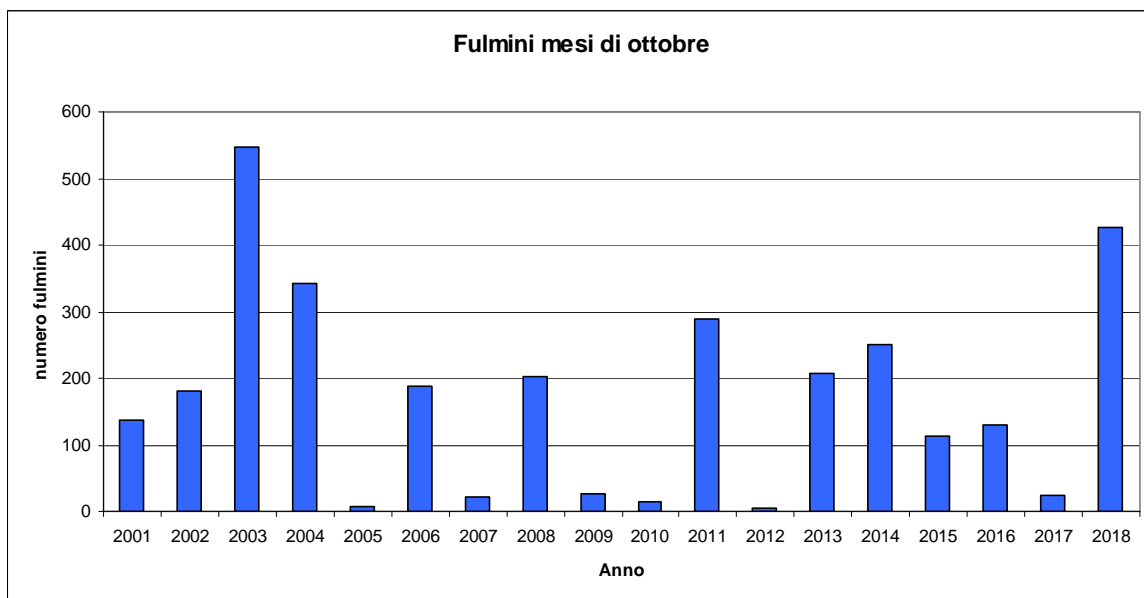


Figura 16. numero di fulminazioni nube terra (CG) di ottobre dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

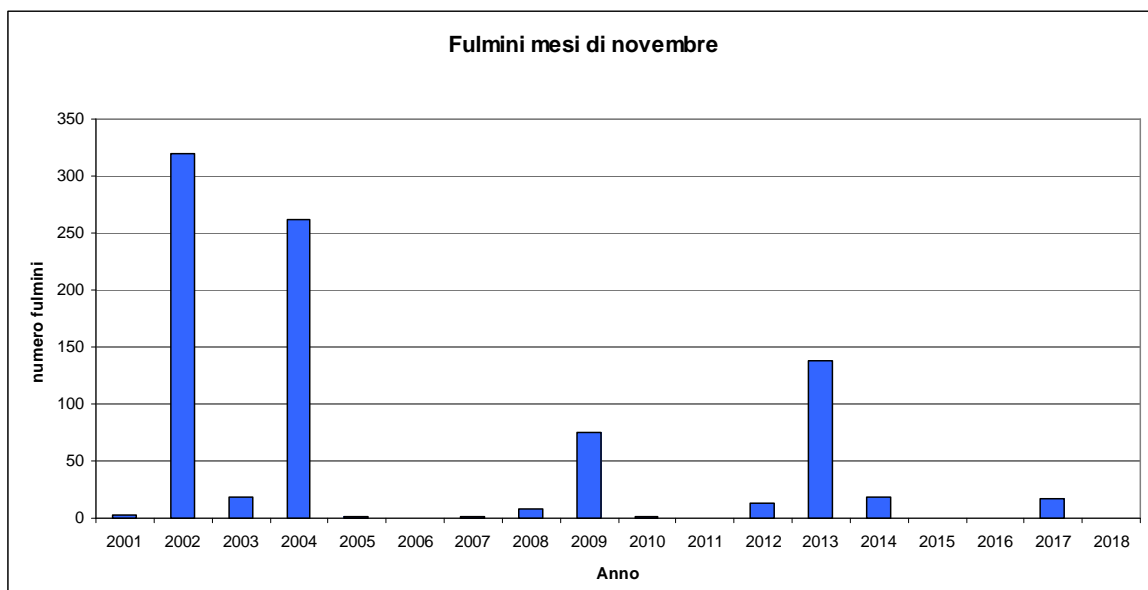


Figura 17. numero di fulminazioni nube terra (CG) di novembre dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

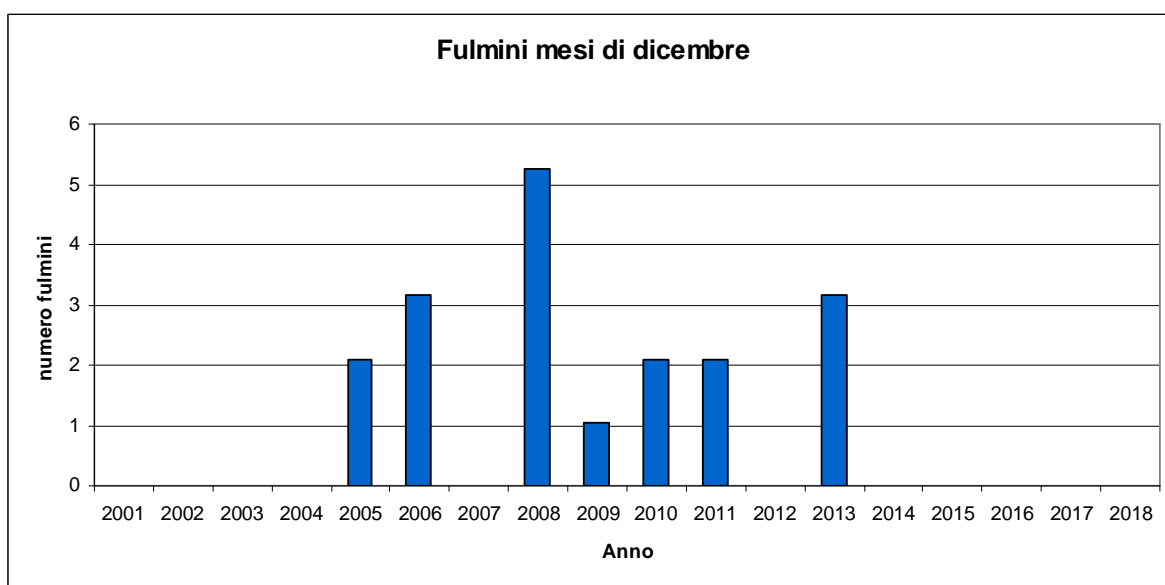


Figura 18. numero di fulminazioni nube terra (CG) di dicembre dal 2001 al 2018 – dati della rete di rilevamento CESI-SIRF®

Referenze:

A. Piazza e M. Pendesini "Tuoni e fulmini - manuale di autoprotezione dai fenomeni atmosferici" - Provincia autonoma di Trento 2004.

J. Kermann e G. Kappenberger – Il tempo in montagna – AINEVA - Zanichelli – novembre 1997

M. Bernardi "Il fenomeno del fulmine", Neve e Valanghe - AINEVA, n.61, Agosto 2007

M. Bernardi, C. Rovelli "Comportamento meteorologico sul territorio italiano", acqua&aria, n. 1, 2013

D. Poelman, W. Schulz, G. Diendorfer, M. Bernardi "The European lightning location system EUCLID, part 2 observations", Nhd, 3-5357, 2015