

## INTRODUZIONE

**L'IPCC definisce estremo un evento meteorologico raro per una determinata località e/o per un determinato periodo dell'anno. In questo senso estremo può essere considerato sinonimo di straordinario. Generalmente quindi, si considera estremo un evento meteorologico che supera - in intensità o in frequenza - una certa soglia statistica basata su un campione significativo di osservazioni meteorologiche, in genere almeno trent'anni. Ma si può considerare estremo pure un fenomeno meteorologico che - sebbene non particolarmente raro - abbia per una serie di combinazioni locali, generato danni importanti o vittime**

## Allagamenti / Alluvioni

Un allagamento si verifica quando una zona o una superficie viene coperta da una quantità eccessiva di acqua, comportando lo straripamento dei normali confini di un corpo idrico (ad esempio fiumi e laghi) o l'accumularsi di acqua su una determinata area normalmente non sommersa. Questo può accadere per diversi motivi, tra cui forti piogge, fusione della neve, innalzamento del livello del mare o altri eventi meteorologici che portano a un accumulo di acqua su una determinata area.

Gli allagamenti possono verificarsi in diverse situazioni, quali inondazioni fluviali, quando i fiumi esondano dai loro letti; alluvioni costiere; allagamenti urbani dovuti a insufficienti sistemi di drenaggio nelle città; allagamenti costieri causati da tempeste che provocano l'innalzamento del livello del mare. In generale i cambiamenti climatici dovuti all'aumento dei gas serra, aumentando il numero di alluvioni, aumentano il rischio di allagamenti.

Gli effetti provocati dagli allagamenti possono essere molteplici e solitamente causano una serie di danni significativi a persone, infrastrutture, ed ecosistemi. Tra i principali effetti possiamo ricordare: danni alle abitazioni, che avvengono quando l'acqua in eccesso penetra all'interno delle case causando danni strutturali e agli arredi; impatti sulla salute, legati all'acqua contaminata, alla diffusione di malattie trasmesse dall'acqua e alla crescita di muffe nocive all'interno delle abitazioni allagate; danni all'infrastruttura, causati dalla distruzione o danneggiamento strutturale di strade, ponti e altre infrastrutture; perdita di colture e terreni agricoli; perdita di biotopi naturali.

## Caldo anomalo

Con caldo anomalo si intende un periodo di tempo in cui le temperature sono significativamente superiori rispetto alla media stagionale nella zona interessata. Perciò, nonostante questi eventi siano spesso associati alle ondate di calore che si verificano nei mesi estivi, non esistono valori assoluti di temperature o una determinata stagione per definire un periodo caratterizzato da caldo anomalo: esso sarà al contrario sempre relativo ad una specifica area geografica e periodo dell'anno. Quando il caldo anomalo si verifica in estate con temperature che creano forte disagio fisico (in genere oltre i 35 °C), si è in presenza di un'ondata di calore.

Le cause di un caldo anomalo possono variare e sono influenzate da diversi fattori, tra cui cambiamenti nella circolazione atmosferica, eventi meteorologici estremi, o cambiamenti climatici a lungo termine.

In generale il riscaldamento globale dovuto all'aumento delle emissioni di gas serra contribuisce a periodi più frequenti e intensi di caldo anomalo. Questi eventi climatici possono avere vari impatti sugli ecosistemi, tra cui stress termico sulla salute umana, che può generare un aumento della mortalità per ipertermia; danni alle colture, dovuti ad esempio alle scottature solari alle coltivazioni e aumento degli incendi boschivi.

## Frana

Una frana è un evento geologico in cui una massa di terreno, roccia o detriti si muove in modo improvviso e scivola lungo una superficie inclinata sotto l'azione della forza di gravità. Solitamente una frana è caratterizzata dal distacco dai versanti montuosi o in genere dai terreni in pendio, con conseguente discesa in basso, di masse spesso ingenti di materiali rocciosi. In generale esistono diverse tipologie di frane, tra cui frane di detrito (composte da roccia e suolo), frane di roccia (con blocchi di roccia solida) o colate detritiche (con un mix di acqua, fango e detriti). Inoltre, non esiste una quantità specifica di materiale tramite cui poter caratterizzare l'evento come frana: le dimensioni delle frane infatti possono variare da piccoli movimenti di terreno a eventi catastrofici che coinvolgono grandi masse di materiale.

Per quanto riguarda le cause, le frane possono verificarsi per molteplici fattori, spesso interrelati tra di loro. Tra i principali possiamo ricordare la pendenza del terreno (un terreno con una forte inclinazione o pendenza è più suscettibile alle frane, specialmente se il materiale è instabile); vegetazione assente o scarsa (la vegetazione svolge infatti un ruolo chiave nel mantenere la stabilità del suolo, in particolare attraverso la presenza di radici che consentono al terreno di mantenersi stabile); presenza d'acqua (l'acqua può influenzare le frane in diversi modi. L'infiltrazione di acqua nel terreno può rendere più scivoloso il materiale, mentre l'accumulo di acqua può aumentare il peso e la pressione sul pendio); attività antropiche (attività umane come l'escavazione, la costruzione di strade o edifici, e/o la modifica del paesaggio attraverso la distruzione di vegetazione, possono indebolire la stabilità del terreno e aumentare il rischio di frane); attività sismica (terremoti o scosse sismiche possono innescare frane, specialmente in zone geologicamente instabili).

Anche i cambiamenti climatici influiscono nella frequenza di frane, tramite il distacco di elementi rocciosi dovuto allo scongelamento di permafrost, le precipitazioni più intense o la diminuzione della vegetazione dovuto all'aumento di incendi ed altri eventi meteorologici estremi.

## Fulmini

Il fulmine è un fenomeno meteorologico caratterizzato da scariche elettriche improvvise che si manifestano con un lampo di luce e un successivo tuono. Questo fenomeno può verificarsi all'interno di un temporale, quando ci sono forti correnti d'aria verticali che favoriscono la separazione delle cariche elettriche all'interno delle nubi.

I fulmini possono causare notevoli danni, che includono incendi e danni ad edifici, nel caso in cui alberi, case o altri edifici vengano colpiti direttamente dai fulmini; danni a impianti elettrici, linee elettriche, trasformatori e altri componenti dei sistemi elettrici; lesioni ad animali e piante, provocando il danneggiamento dei tessuti organici e in alcuni casi arresti cardiaci e/o ustioni con esito talora mortale.

I cambiamenti climatici possono influenzare indirettamente l'aumento della frequenza e l'intensità delle tempeste di fulmini. Infatti il riscaldamento globale può aumentare l'instabilità atmosferica, fornendo un ambiente più favorevole alla formazione di temporali e, di conseguenza, di tempeste di fulmini.

## Gelo intenso

Con gelo intenso si intendono condizioni meteorologiche in cui le temperature scendono significativamente al di sotto del punto di congelamento (0° C nel caso dell'acqua), causando la solidificazione di acqua e altri liquidi. In generale, l'espressione si usa per descrivere un freddo estremo che può avere un impatto significativo sull'ambiente circostante.

Le condizioni di gelo intenso possono portare alla formazione di ghiaccio su strade, marciapiedi e superfici acquatiche, rendendo le aree esterne pericolose. In particolare tra gli effetti principali del gelo intenso troviamo danneggiamento al sistema dei trasporti, a causa dell'impraticabilità delle strade dovuta al ghiaccio e al blocco degli scambi ferroviari; interruzioni elettriche, a causa dell'accumulo di ghiaccio su linee elettriche e alberi che può comportare l'interruzione dei cavi; impatti sull'agricoltura, a causa delle gelate intense o delle basse temperature prolungate che possono danneggiare colture sensibili al freddo; problemi di salute degli animali umani e non umani, causati da ipotermia e gelo nonché danni a tessuti corporei in caso di protezione inadeguata al freddo.

Nonostante i cambiamenti climatici globali dovuti all'aumento del gas serra indicano generalmente un aumento delle temperature medie globali, le variazioni locali e stagionali possono comportare eventi di gelo intenso in alcune regioni, proprio a causa della maggiore variabilità del clima che i cambiamenti climatici inevitabilmente comportano. Si tratta comunque di episodi sempre meno frequenti e intensi, circa 10 volte inferiori alla frequenza delle ondate di caldo.

## Grandine

La grandine è un fenomeno meteorologico caratterizzato dalla caduta di grani di ghiaccio di dimensioni variabili. La grandine si forma partendo da gocce d'acqua in nubi temporalesche a sviluppo verticale (cumulonembi), nello specifico quando le gocce d'acqua nell'aria vengono sollevate da forti correnti ascensionali. Queste gocce d'acqua si congelano attorno a impurità sospese nell'aria, creando piccoli nuclei di ghiaccio. Mentre questi elementi di ghiaccio vengono portati su e giù dalle correnti all'interno della nube, strati successivi di ghiaccio si aggiungono, formando i grani di grandine. Quando questi grani diventano abbastanza pesanti, cadono al suolo come grandine. La grandezza dei chicchi può variare da quella di un pisello fino a raggiungere nel caso di forti tempeste anche quella di un'arancia o più. Nel luglio 2024 in Friuli sono caduti chicchi da un kg di peso.

Gli effetti della grandine possono essere devastanti, comportando a seconda della durata e dalla grandezza dei grani anche ingenti danni alle colture, edifici, oggetti, infrastrutture ma anche alle piante, agli animali umani e non umani.

# Glossario eventi estremi

## Incendi

Un incendio può essere definito come un fenomeno di combustione che si sviluppa in modo non controllato e potenzialmente distruttivo. Si verifica quando materiali che possono bruciare rapidamente entrano in contatto con aria e calore sufficiente per iniziare e mantenere la combustione attraverso un processo chiamato ossidazione

Le tipologie principali di incendi includono quelli all'aria aperta e quelli al chiuso. Gli incendi all'aria aperta si verificano principalmente in ambienti naturali come foreste, praterie e arbusti. Possono essere causati da fenomeni naturali come i fulmini, oppure dall'attività umana come l'abbandono di mozziconi di sigaretta, l'accensione di fuochi per scopi agricoli o la dispersione di rifiuti infiammabili. Tra i tipi di incendi all'aria aperta più comuni ci sono quelli boschivi, che interessano principalmente le foreste e sono spesso provocati da condizioni meteorologiche secche e ventose; gli incendi di vegetazione, che coinvolgono prati, arbusti e altre forme di vegetazione; gli incendi di torba, che coinvolgono la combustione dei depositi di torba nelle zone umide; e gli incendi di erba, che si verificano principalmente nelle aree agricole o incolte.

Il cambiamento climatico può influenzare l'incidenza e l'intensità degli incendi all'aria aperta in diversi modi. Il riscaldamento globale può aumentare la frequenza e l'intensità delle ondate di calore, creando condizioni più secche e favorevoli alla combustione. Inoltre, i cambiamenti nei regimi di precipitazioni possono influenzare la disponibilità di combustibile vegetale, mentre l'innalzamento delle temperature può accelerare il ciclo di crescita delle piante, aumentando la quantità di materiale vegetale disponibile per bruciare. In questo contesto, il fenomeno degli incendi diventa sempre più preoccupante, poiché può avere gravi conseguenze sull'ambiente, sulla biodiversità e sulla salute umana



## Mareggiate

Una mareggiata è un aumento temporaneo e significativo del livello del mare lungo le coste, causato principalmente da forti venti, basse pressioni atmosferiche o eventi meteorologici come cicloni tropicali. Questi fattori possono generare onde molto elevate che si spostano verso la riva, portando con sé un aumento del livello del mare.

Le mareggiate possono causare inondazioni costiere, danni alle infrastrutture, erosione della spiaggia e impatti negativi sulla vita marina e sulle comunità costiere. La gravità degli effetti dipende dalla combinazione di fattori come l'intensità delle onde, la durata dell'evento e la morfologia della costa.

Negli ultimi anni si è assistito ad un aumento delle mareggiate e dei loro effetti negativi a causa degli effetti diretti e indiretti dei cambiamenti climatici dovuti all'aumento dei gas serra. Questi ultimi infatti comportano l'aumento del livello del mare, dovuto alla fusione dei ghiacciai montani e dei ghiacci polari, che può intensificare gli impatti delle mareggiate, facilitando l'inondazione delle aree costiere; l'aumento di eventi meteorologici estremi, quali cicloni tropicali e tempeste, che possono generare onde più grandi e contribuire a un aumento del livello del mare lungo le coste; erosione costiera, che rende le aree costiere più vulnerabili alle mareggiate; variazioni nelle onde marine, influenzando sulla dinamica degli oceani e sulle caratteristiche delle onde marine, con variazioni sugli impatti sulle mareggiate e sulla loro capacità di causare danni.

## Nevicata

Una nevicata è un evento meteorologico caratterizzato dalla caduta di neve, una precipitazione atmosferica costituita da cristalli di ghiaccio dalla forma esagonale più o meno ramificata, spesso aggregati tra loro in fiocchi le cui dimensioni possono raggiungere qualche centimetro. Tali precipitazioni sono originate dal forte raffreddamento del vapore acqueo delle nubi. Se i cristalli attraversano strati di atmosfera a temperatura positiva, fondono e si trasformano in pioggia. Le neviccate sono associate a temperature al di sotto del punto di congelamento dell'acqua e possono variare in intensità, dalla leggera copertura di neve di pochi centimetri alla nevicata abbondante e persistente con accumulo di oltre un metro in 24 ore.

Le neviccate possono essere considerate uno degli eventi climatici invernali più comuni, specialmente nelle regioni temperate e invernali. Fenomeni meteorologici estremi legati alla neve possono includere neviccate intense, tempeste e bufere di neve con venti forti e accumuli significativi di neve al suolo, in grado di creare disagi ai trasporti e valanghe nelle regioni montane.

Come il resto dei fenomeni meteorologici anche in questo caso il riscaldamento globale rende le neviccate meno frequenti e la copertura nevosa al suolo meno duratura. Può tuttavia accadere in certe località di alta quota o in alcune regioni polari che la maggior evaporazione di acqua dagli oceani più caldi, alimenti di umidità l'atmosfera aumentando localmente le neviccate.

## Nubifragio

Un nubifragio (detto erroneamente "bomba d'acqua"), può essere definito come una precipitazione piovosa, spesso temporalesca (cioè accompagnata da tuoni e fulmini) caratterizzata da intensità elevata ovvero quantità abbondanti in un breve periodo di tempo, spesso accompagnate da rovesci di grandine e forti folate raffiche di vento, che possono provocare effetti disastrosi.

I nubifragi possono portare ad allagamenti in determinate aree, causando danni significativi a edifici e infrastrutture che potrebbero risultare danneggiate dall'eccessiva presenza di acqua; danneggiamento di colture agricole per sommersione ed effetti di grandine e vento; aumento di smottamenti e frane, e problemi ambientali di diverso tipo (ad esempio le piogge intense possono portare a scarichi di acqua piovana che contengono inquinanti, contribuendo a problemi ambientali come l'inquinamento delle acque superficiali e la perdita di biodiversità).

A causa dell'aumento delle temperature globali dovute ai cambiamenti climatici derivanti dall'aumento dei gas serra, si sta verificando una notevole intensificazione dei nubifragi. Infatti con l'aumento delle temperature, si verifica un aumento dell'evaporazione dell'acqua dagli oceani e dalle superfici terrestri. Questo comporta un aumento della capacità dell'atmosfera di contenere vapore acqueo, fornendo un maggiore carico di umidità che può condensarsi e precipitare sotto forma di pioggia violenta e improvvisa durante gli eventi meteorologici.

## Piene dei fiumi / Inondazioni

Le piene dei fiumi sono eventi in cui l'acqua di un fiume fuoriesce dall'alveo, riversandosi nelle zone circostanti. Tali fenomeni sono generati da un aumento della portata dei fiumi, che si realizza a causa di un riversamento in essi di acqua generata da determinati eventi meteorologici (ad esempio forti piogge o aumenti delle temperatura tali da causare rapida fusione di neve). Se questi deflussi superano la capacità di normale smaltimento del fiume, si verifica una piena.

I cambiamenti climatici causati dall'aumento dei gas serra generati dai combustibili fossili, stanno influenzando le piene dei fiumi in diversi modi. L'aumento delle temperature può causare più precipitazioni intense, portando a un maggiore deflusso d'acqua nei fiumi in tempi concentrati. Inoltre, il riscaldamento globale può contribuire alla più rapida fusione delle nevi in alcune regioni. Questi fattori rendono le piene dei fiumi più frequenti e intense, ma una parte importante della vulnerabilità alle piene deriva anche dall'eccessiva cementificazione del territorio.

Le piene possono avere effetti significativi sulle comunità umane e non umane. Le persone che vivono vicino ai fiumi sono più suscettibili di subire danni gravi alle loro case e spazi di aggregazione (quali parchi, piazze e spazi sociali) durante una piena. Può verificarsi perdita di vite umane. Le strade possono allagarsi e i ponti essere distrutti, rendendo difficile gli spostamenti per molto tempo dopo l'evento. Le piene possono anche influenzare e nuocere agli animali e alle piante che dipendono dall'ambiente fluviale. Gli ecosistemi fluviali possono essere disturbati e alcuni animali potrebbero perdere il loro habitat naturale. Questo avviene anche alle coltivazioni agricole, in caso di allagamenti dei campi.

## Piogge intense

Le piogge intense si riferiscono a eventi di precipitazioni in quantità molto elevate che si verificano o concentrate in un relativamente breve periodo di tempo (poche ore) o si protraggono per più giorni consecutivi. Questi episodi possono portare a inondazioni, allagamenti, piene dei fiumi nonché a problemi legati all'eccesso di acqua in agricoltura.

Il riscaldamento globale dovuto all'aumento dei gas serra in atmosfera, può influenzare sia l'intensità sia la frequenza delle piogge intense. A seguito di tale variazione di temperatura aumenta l'evaporazione dell'acqua dagli oceani e la capacità atmosferica di contenere umidità. Quando l'aria calda e umida si incontra con masse d'aria più fredde, può provocare condizioni favorevoli alla formazione di piogge intense.

## Tromba d'aria / Tornado

Una tromba d'aria o tornado è un fenomeno meteorologico descrivibile come una massa d'aria vorticoso che si muove per lunghe o brevi distanze, ruotando su se stessa. Si tratta di un vortice d'aria estremamente violento e localizzato che si estende dalla base di una nube temporalesca (cumulonembo) fino al suolo, con una forma a imbuto. Si origina infatti quando una corrente d'aria instabile, spesso associata a un temporale, si trova in un ambiente favorevole alla rotazione. La sua azione distruttiva può variare notevolmente a seconda dell'intensità e della durata, con venti che possono superare i 300 km/h. La scala Fujita misura l'intensità dei tornado e ha 5 gradi, da F1 a F5.

I danni causati da una tromba d'aria possono includere distruzione di edifici e infrastrutture, linee elettriche, arrivando a rompere vetri, scoperchiare tetti, abbattere muri e distorcere tralicci dell'alta tensione, sradicamento degli alberi; sollevamento di oggetti pesanti, incluse persone ed animali con esiti spesso mortali; inondazioni, a causa di piogge intense associate al passaggio della cella temporalesca.

Il riscaldamento globale può aumentare la frequenza e l'intensità delle trombe d'aria attraverso l'aumento dell'energia disponibile nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera. Questo può favorire lo sviluppo di temporali intensi e potenzialmente di trombe d'aria.

## Valanga

Una valanga è un rapido movimento di una massa di neve che precipita lungo un pendio montuoso per effetto della gravità. Si verifica quando, per determinate cause (sovraccarico di neve fresca, cambiamenti nella temperatura, vibrazioni sismiche, rumori, vento o/e azioni umane, come lo sci o l'alpinismo) viene a rompersi l'equilibrio in cui la massa di neve si trovava, staccandosi dalla superficie sottostante e scivolando a valle. Le valanghe possono essere di diverse tipologie: a lastroni, di fondo con neve bagnata, nubiformi con neve asciutta e polverosa, queste ultime associate a violenti spostamenti d'aria distruttivi anche per gli edifici.

I danni causati dalle valanghe possono essere estesi e variare a seconda della quantità della massa di neve mobilitata e della velocità di discesa, che può dipendere dalla conformazione del territorio e dalla sua pendenza. Tra questi troviamo distruzione di edifici e infrastrutture; seppellimento di animali umani, animali non umani ed oggetti presenti lungo il percorso della valanga; danni al suolo per asportazione degli strati superficiali del terreno o della copertura forestale.

Anche i cambiamenti climatici dovuti alla immissione di gas serra possono influire nella frequenza e sull'intensità delle valanghe, questo a causa dell'aumento improvviso delle temperature, che compromette la stabilità della neve. Temperature elevate possono infatti accelerare la fusione della neve, creando condizioni di instabilità e aumentando il rischio di valanghe di neve umida; variazioni nei regimi stagionali di precipitazione, che portano ad un aumento dell'accumulo della quantità di neve in alcune regioni, anche associato all'azione del vento; cambiamenti nella densità della neve, che influenza la coesione, rendendola più suscettibile allo scivolamento lungo i pendii.



## Vento forte

Se il vento può essere definito come quello spostamento di masse d'aria per differenze di temperatura e di pressione che si determinano fra una zona e l'altra dell'atmosfera, con il termine vento forte ci si riferisce a venti con una velocità superiore a quella considerata normale per una determinata area o regione. La velocità del vento è generalmente misurata in metri al secondo (m/s) o in nodi. Un vento è considerato forte quando supera una certa soglia, che può variare in base agli standard locali.

I danni causati da venti forti possono variare considerevolmente a seconda della durata, dell'intensità e del territorio in cui si verificano. Tra i principali possiamo citare danni agli edifici e alle infrastrutture, attraverso il danneggiamento di tetti, finestre e altre parti degli edifici, nonché il potenziale sollevamento di strutture; caduta di alberi e rami; danneggiamenti agli impianti di produzione e distribuzione energia elettrica, inondazioni costiere, poiché possono spingere l'acqua verso la costa, provocando mareggiate; lesioni dirette e indirette agli animali umani e non umani.

Anche i cambiamenti climatici dovuti all'immissione di gas serra in atmosfera possono influire sulla frequenza e sull'intensità dei venti forti questo a causa dell'aumento della differenza di temperatura e pressione tra regioni contigue.