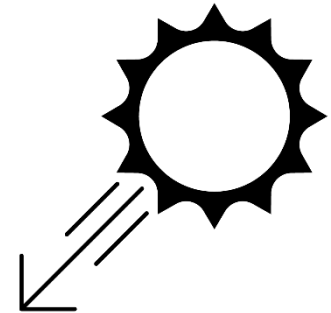




Tempesta solare



Questo dossier di pericolo è parte integrante dell'analisi nazionale dei rischi «Catastrofi e situazioni d'emergenza in Svizzera»

Definizione

Sulla superficie del sole si verificano saltuariamente massicce esplosioni ed eruzioni che espellono plasma ad alta velocità. Queste cosiddette espulsioni di massa coronale sono accompagnate da un'intensa radiazione e da un'emissione di particelle ad alta energia. Si parla di tempesta solare quando questo miscuglio di radiazioni e particelle colpisce la Terra. Fondamentalmente si possono distinguere tre fenomeni, che non si verificano sempre simultaneamente:

- Un lampo di raggi X (*flare*) raggiunge la Terra in meno di dieci minuti e può annunciare una tempesta solare. Nell'atmosfera terrestre la radiazione non è pericolosa per la salute, ma può disturbare la radiocomunicazione sul lato della Terra rivolto al sole.
- Dopo circa un'ora, la Terra viene colpita da particelle ad alta energia, soprattutto protoni. Sul loro percorso verso la Terra esse possono perturbare il funzionamento di satelliti o addirittura danneggiarli.
- L'espulsione di massa coronale (una nube di plasma costituita da particelle cariche) raggiunge la Terra dopo circa 1 o 2 giorni. Non appena raggiunge il campo magnetico terrestre, si indebolisce. Questo cambiamento è misurabile e viene espresso in nanotesla (nT).

L'aumento del flusso di particelle in prossimità della Terra e l'interazione con la magnetosfera terrestre generano il fenomeno della tempesta magnetica, che induce forti correnti di compensazione nei conduttori elettrici a lunga distanza, per esempio nelle linee elettriche aeree. Queste correnti possono provocare guasti alle stazioni di trasformazione collegate e quindi interruzioni di corrente. Anche la radiocomunicazione può subire interferenze. Sono particolarmente colpite le zone vicine ai poli. Le aurore boreali sono visibili fino a zone molto a sud.

novembre 2020





Esempi di eventi

Eventi reali del passato contribuiscono a una migliore comprensione di un pericolo. Illustrano l'origine, il decorso e le conseguenze del pericolo preso in esame.

Ottobre/Novembre 2003 Tra il 19 ottobre e il 5 novembre 2003 sono state osservate 17 potenti eruzioni solari, che hanno provocato tempeste magnetiche e interferenze radio. L'intera rete elettrica di Malmö, in Svezia, è crollata. Nel Canada settentrionale, i corridoi aerei dei voli passeggeri sono stati chiusi per il collasso degli impianti di sorveglianza aerea. I sistemi satellitari e di navigazione hanno cessato di funzionare. Le aurore boreali erano visibili fino nelle regioni tropicali.

13 marzo 1989 Una tempesta solare ha provocato un sovraccarico della rete elettrica in Québec causando un blackout di nove ore nella regione di Montreal. Sei milioni di persone sono state colpite dal blackout mentre il termometro segnava -15 °C. Gli impianti di segnaletica, gli aeroporti e il teleriscaldamento hanno cessato di funzionare. Il disturbo del campo magnetico terrestre era di -589 nT. I danni ammontano a diverse centinaia di milioni di dollari.

Agosto 1859
Evento di Carrington Una serie di brillamenti solari si sono verificati verso la fine di agosto del 1859. Numerose aurore boreali sono state avvistate fino all'equatore. Le linee telegrafiche sono state fortemente disturbate. Secondo le stime statistiche, una tale tempesta solare ha un periodo di ritorno di 500 anni. Oggi, un simile evento manderebbe fuori uso le reti elettriche e di telecomunicazione di tutto il mondo e i satelliti. E i danni ammonterebbero a tra 600 e 2600 miliardi di dollari soltanto negli Stati Uniti.



Fattori influenti

I seguenti fattori possono influenzare l'origine, lo sviluppo e le conseguenze del pericolo.

Fonte di pericolo	<ul style="list-style-type: none"> – Intensità della tempesta solare (intensità dei raggi X, dei raggi gamma e della radiazione di particelle solari, massimo indebolimento del campo magnetico terrestre) – Durata della tempesta solare
-------------------	---

Momento	<ul style="list-style-type: none"> – Posizione della Terra rispetto al sole (giorno/notte, estate/inverno) – Giorno della settimana e ora del giorno – Stagione (periodo di vacanze, climatizzazione, riscaldamento, illuminazione)
---------	--

Luogo / Estensione	<ul style="list-style-type: none"> – La tempesta radiologica è limitata all'emisfero rivolto al sole. – La tempesta magnetica è fondamentalmente un fenomeno globale e indipendente dalla posizione del sole rispetto al luogo considerato. – Le conseguenze per la Terra dipendono non solo dall'intensità dell'evento ma anche dal campo magnetico terrestre. Sono quindi molto più gravi presso i poli che presso l'equatore.
--------------------	---

Decorso dell'evento	<ul style="list-style-type: none"> – Allarme lanciato dalle agenzie spaziali e meteorologiche-spaziali, diffusione di notizie da parte dei media – Possibili guasti all'elettronica di bordo di satelliti e aerei (per es. a causa dei single event upsets SEU o del spacecraft charging) – Impatto sui collegamenti radio ed eventualmente sui sistemi GNSS – Impatto sulle reti elettriche – Danni agli elementi centrali dell'infrastruttura elettrica (per es. trasformatori) – Possibilità di alimentazione elettrica d'emergenza – Possibilità di riparazione provvisoria dell'infrastruttura elettrica (centrali, trasformatori, reti) – Comportamento delle organizzazioni colpite, delle forze d'intervento e delle autorità competenti – Reazione della popolazione
---------------------	--



Intensità degli scenari

A seconda dei fattori influenti, possono svilupparsi diversi eventi di varia intensità. Gli scenari elencati di seguito costituiscono solo una scelta di possibili decorsi e non sono previsioni. Servono per anticipare le possibili conseguenze al fine di prepararsi ai pericoli.

-
- | | |
|-------------|--|
| 1 – marcato | <ul style="list-style-type: none">– L'eruzione solare causa un aumento dell'intensità delle radiazioni cosmiche nelle alte e medie latitudini geografiche e genera fronti di onde d'urto che raggiungono la Terra dopo 24 ore.– Tempesta geomagnetica con massima perturbazione globalmente misurata del campo magnetico terrestre di -750 nT– La tempesta solare investe la Terra in novembre.– La fase di tempesta dura 60 ore.– In molti luoghi, le infrastrutture comandate elettronicamente cessano di funzionare per diversi giorni. |
|-------------|--|
-
- | | |
|-----------|--|
| 2 – forte | <ul style="list-style-type: none">– L'eruzione solare causa un aumento dell'intensità delle radiazioni cosmiche a livello globale e genera fronti di onde d'urto che raggiungono la Terra dopo 18 ore.– Le aurore boreali sono visibili in Svizzera.– Super tempesta magnetica con massima perturbazione globalmente misurata del campo magnetico terrestre di -1600 nT– La tempesta solare investe la Terra in dicembre.– La fase di tempesta magnetica, provocata da tre espulsioni di massa coronale, dura complessivamente una settimana.– Numerose infrastrutture comandate elettronicamente (per es. infrastrutture di comunicazione, alimentazione elettrica) cessano temporaneamente di funzionare. |
|-----------|--|
-
- | | |
|-------------|--|
| 3 – estremo | <ul style="list-style-type: none">– L'eruzione solare causa un aumento dell'intensità delle radiazioni cosmiche a livello globale e genera fronti di onde d'urto che raggiungono la Terra dopo 18 ore.– Le aurore boreali sono visibili in Svizzera.– Super tempesta magnetica con massima perturbazione globalmente misurata del campo magnetico terrestre di -2400 nT– La tempesta solare investe la Terra in gennaio.– La fase di tempesta magnetica, provocata da più espulsioni di massa coronale, dura complessivamente 10 giorni.– Le infrastrutture comandate elettronicamente vengono danneggiate o cessano di funzionare su vaste aree (infrastrutture di comunicazione, alimentazione elettrica, ecc.).– La corrente elettrica viene ripristinata alcuni giorni dopo che la tempesta solare si è placata. Diversi servizi rimangono solo limitatamente disponibili per oltre un mese, finché le infrastrutture danneggiate non sono completamente riparate. |
|-------------|--|



Scenario

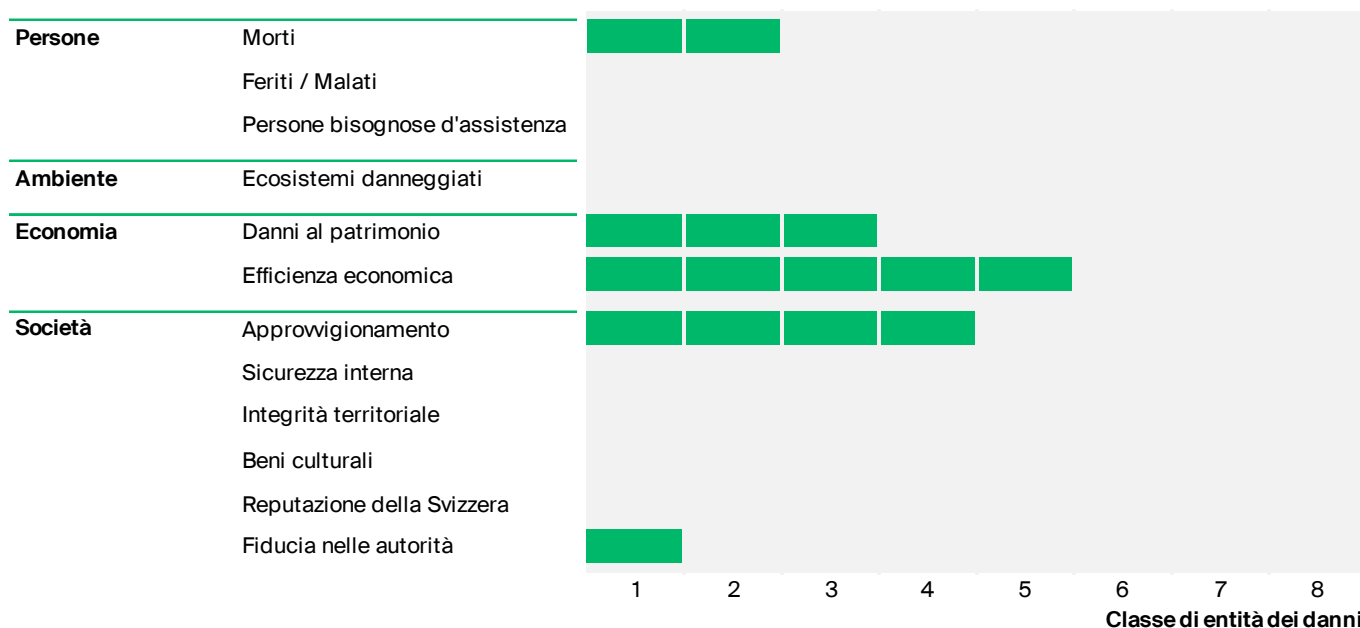
Il seguente scenario si basa sul livello d'intensità «forte». Per la Svizzera è uno scenario raro, ma comunque ipotizzabile.

Situazione iniziale / fase preliminare	<p>Si osserva un aumento dell'attività solare per due settimane. Il primo giorno dell'evento, viene rilevata un'eruzione solare insolitamente grande con un'espulsione di massa coronale (EMC) verso la Terra. L'Agenzia spaziale europea (ESA) informa la CENAL in merito all'eruzione solare. La CENAL trasmette le informazioni ai gestori centrali delle infrastrutture (procedura in fase di sviluppo).</p>
Fase dell'evento	<p>Dieci minuti dopo la prima forte eruzione, inizia la tempesta radiologica (radiazioni ionizzanti) che interrompe le comunicazioni via satellite, con gli aerei e tramite onde corte. Le trasmissioni radiofoniche e televisive sono molto disturbate sul lato della Terra rivolto al sole. Sulla scala della National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, USA), ciò corrisponde a un «Blackout R5 Radio». I sistemi GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), la TV via satellite e via cavo, la radio e la telefonia satellitare, così come la radiocomunicazione (incl. Polycom) e la telefonia mobile sono interrotti. I sistemi di comando basati sul GNSS funzionano male o cessano di funzionare. Le conseguenze delle tempeste elettromagnetiche sono più forti nelle prime ore e in seguito diminuiscono lentamente. La rete mondiale dei rivelatori di raggi cosmici registra un aumento significativo dell'intensità dei raggi cosmici dovuti all'irradiazione di particelle solari ad alta energia.</p> <p>Il traffico aereo è gravemente perturbato durante questo periodo. Molti voli devono essere rinviati poiché gli aerei non possono decollare per motivi di sicurezza. Gli aerei in volo devono continuare a volare senza GPS, ecc. I corridoi aerei vicini al polo vengono chiusi e le rotte di volo vengono deviate.</p> <p>Gli scienziati dello Space Weather Segment dell'ESA costatano che la nube di massa coronale espulsa dal Sole si sta muovendo rapidamente verso la Terra. L'impatto sul campo magnetico terrestre (l'inizio di una cosiddetta tempesta geomagnetica) è previsto tra 20 ore. La tempesta dovrebbe avere un'intensità G5 sulla scala NOAA.</p> <p>Come previsto, la tempesta geomagnetica inizia dopo circa 20 ore. Molti dispositivi elettronici cessano temporaneamente di funzionare. La tempesta provoca correnti indotte nelle reti di distribuzione elettrica, che danneggiano i trasformatori ad alta tensione in Canada, Europa settentrionale e Russia. L'alimentazione elettrica e le infrastrutture di comunicazione sono perturbate anche in molte regioni della Svizzera.</p> <p>A intervalli di circa due giorni, si verificano altre espulsioni di massa coronale d'intensità simile. Gli effetti delle tempeste radiologiche che seguono poco dopo e le tempeste geomagnetiche che subentrano circa 20 ore più tardi durano circa una settimana.</p>
Fase di ripristino	<p>Non appena le tempeste radiologiche e geomagnetiche cessano, la situazione si placa. Ci vuole però una settimana perché tutto ritorni alla normalità.</p>
Decorso temporale	<p>Le tre espulsioni di massa coronale e le loro conseguenze durano circa una settimana. Dopo un'altra settimana vengono risolte tutte le difficoltà d'approvvigionamento. Ci vuole circa un mese prima che tutti i sistemi tornino alla normalità.</p>
Estensione spaziale	<p>Le conseguenze della tempesta solare colpiscono tutto il mondo, soprattutto le zone vicine ai poli.</p>



Conseguenze

Per valutare le conseguenze di uno scenario, sono stati esaminati dodici indicatori di danno per i quattro settori soggetti a danni. L'entità prevista dei danni per lo scenario descritto sopra è riassunta nella seguente figura e spiegata nel testo sottostante. Il danno aumenta di un fattore 3 per ogni classe d'entità.



Persone Le radiazioni radiologiche perturbano fortemente i sistemi di comunicazione (per es. GPS, radio, collegamenti satellitari). Causano alcuni guasti ai sistemi di gestione del traffico, con conseguenti incidenti.

I servizi di soccorso sono difficilmente raggiungibili a causa dell'interruzione dei sistemi radio.

Le attività aeroportuali si riducono alla gestione degli atterraggi. Migliaia di viaggiatori sono quindi bloccati negli aeroporti e devono essere assistiti. Situazioni simili si verificano anche nelle stazioni ferroviarie.

Le tempeste geomagnetiche causano interruzioni di corrente locali e temporanee. In alcune abitazioni private scoppiano incendi causati da candele.

Ambiente Sostanze pericolose e acque reflue finiscono nell'ambiente poiché gli impianti di trattamento (per es. impianti di depurazione delle acque) non funzionano correttamente.

Economia Le apparecchiature dei satelliti gestiti e mantenuti dall'industria e dagli scienziati svizzeri subiscono danni, che devono essere riparati o sostituiti dopo l'evento.



Le attività dell'economia e del settore pubblico sono perturbate per più di una settimana a causa del malfunzionamento dei sistemi di comunicazione, delle interruzioni di corrente e delle loro conseguenze (per es. per il traffico e l'approvvigionamento). Diversi sistemi (per es. dispositivi di chiusura, registratori di cassa) cessano di funzionare o passano alla modalità d'emergenza. Anche le catene d'approvvigionamento subiscono ripercussioni.

Le operazioni di pagamento elettronico e i pagamenti con la carta di credito sono temporaneamente perturbati a livello globale (con conseguenze sui mercati borsistici).

Le interruzioni del traffico aereo, ferroviario e stradale e della navigazione causano ingenti perdite economiche.

Alcune aziende possono contare su un gruppo di continuità (UPS) e su generatori di corrente per il loro approvvigionamento energetico. I sistemi informatici, i centri di calcolo (soprattutto per le operazioni di pagamento e le installazioni di comunicazione) e le sedi delle grandi banche continuano quindi a funzionare nonostante le interruzioni di corrente.

I costi di gestione dell'evento e le perdite finanziarie ammontano complessivamente a circa 270 milioni di franchi.

I conseguenti danni economici ammontano a circa 1,5 miliardi di franchi.

Società

Per circa una settimana, una parte della popolazione è ripetutamente toccata da difficoltà e interruzioni d'approvvigionamento. Ciò concerne ad esempio la fornitura di servizi di informazione e comunicazione, ma anche la fornitura di elettricità. Anche i trasporti pubblici e privati ne subiscono le conseguenze. Negli ospedali, le operazioni critiche sono rinviate per motivi di sicurezza poiché non è chiaro se ci si deve aspettare problemi cardiaci acuti dovuti alle radiazioni elettromagnetiche.

Le trasmissioni televisive e radiofoniche via satellite sono ripetutamente disturbate, mentre i programmi della SSR diffusi via cavo possono essere ricevuti senza interruzioni.

La trasmissione dei dati meteo e dei geodati captati dai satelliti è disturbata o si interrompe durante la tempesta solare. I satelliti e/o gli strumenti di misurazione guasti non trasmettono più dati. Per sostituirli ci vogliono mesi o addirittura anni.

Le operazioni di soccorso sono fortemente ostacolate dal mancato funzionamento dei mezzi d'informazione e di comunicazione. Le autorità competenti faticano a informare la popolazione sui motivi delle interruzioni e a comunicare raccomandazioni di comportamento poiché una parte dei canali d'informazione sono fuori servizio.

Durante l'evento, la polizia e i pompieri ricevono chiamate da persone preoccupate per il fenomeno dell'aurora boreale, le interruzioni insolite e la mancanza di informazioni sulla durata delle interruzioni.

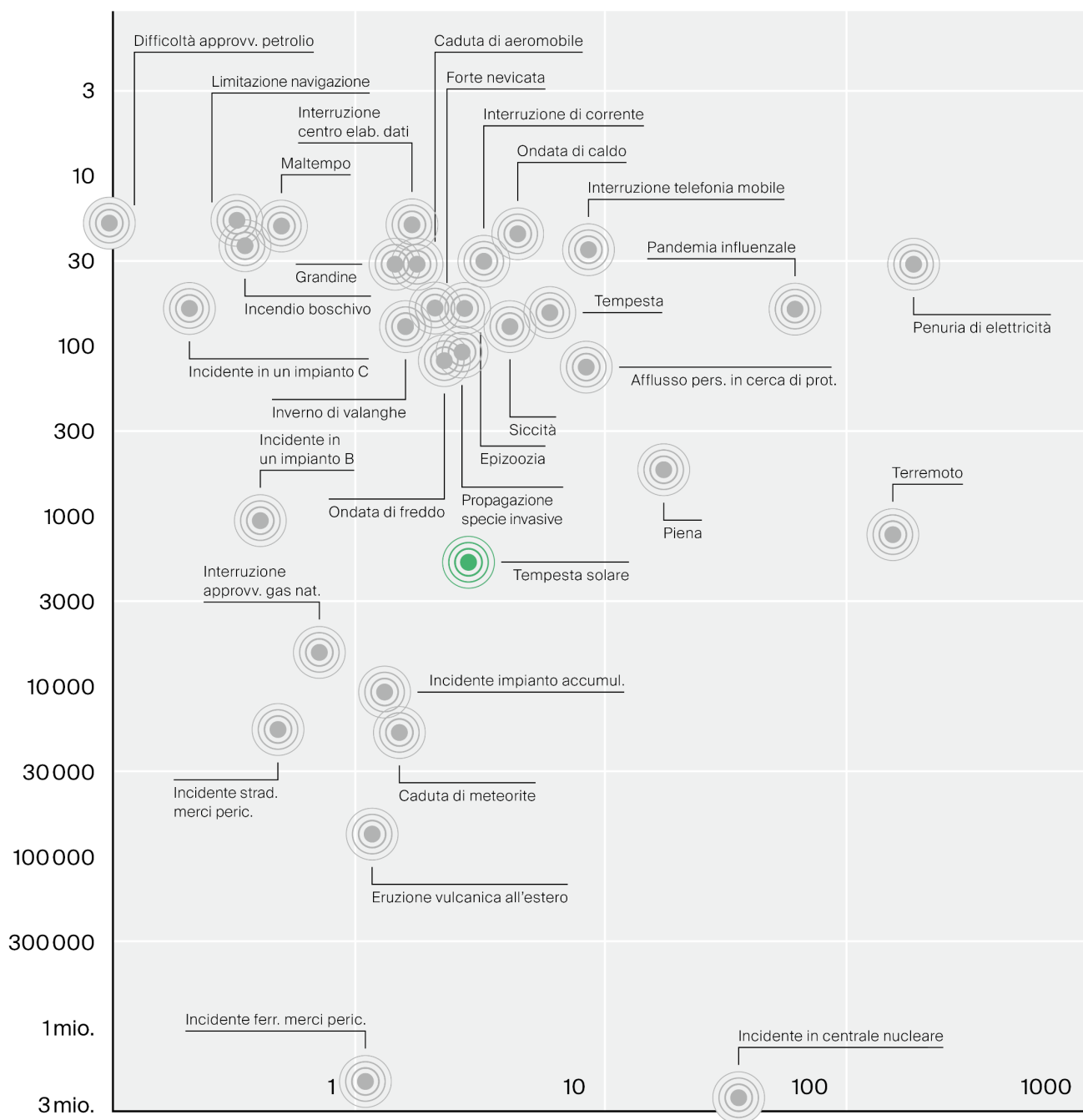


Rischio

Il rischio dello scenario descritto viene presentato insieme agli altri scenari di pericolo analizzati in una matrice del rischio in cui la probabilità d'occorrenza viene rappresentata come frequenza (1 volta ogni x anni) sull'asse y (in scala logaritmica) e l'entità dei danni viene raggruppata e monetizzata in CHF sull'asse x (pure in scala logaritmica). Il rischio di uno scenario risulta dal prodotto tra probabilità d'occorrenza ed entità dei danni. Quanto più a destra e in alto nella matrice si trova uno scenario, tanto più elevato è il rischio che comporta.

Frequenza

una volta ogni x anni



Danni aggregati
in mia. di franchi



Basi legali

- Costituzione
- Costituzione federale della Confederazione svizzera del 18 aprile 1999; RS 101: art. 89 (Politica energetica) e art. 91 (Trasporto di energia)
-
- Leggi
- Legge federale del 20 dicembre 2019 sulla protezione della popolazione e sulla protezione civile (LPPC); RS 520.1
 - Legge del 30 settembre 2016 sull'energia (LEne); RS 730.0
 - Legge federale del 24 giugno 1902 sugli impianti elettrici (LIE); RS 734.0
 - Legge federale del 23 marzo 2007 sull'approvvigionamento elettrico (LAEI); RS 734.7
-
- Ordinanze
- Ordinanza del 2 marzo 2018 sullo Stato maggiore federale Protezione della popolazione (OSMFP); RS 520.17
 - Ordinanza del 1° novembre 2017 sull'energia (OEn); RS 730.01.
 - Ordinanza del 30 marzo 1994 sulle linee elettriche (OLEI); RS 734.31
 - Ordinanza del 14 marzo 2008 sull'approvvigionamento elettrico (OAEI); RS 734.71



Ulteriori informazioni

Sul pericolo

- Carrington, R. C. (1859): Description of a singular appearance seen in the Sun on September 1, 1859. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 20 / 1
- Hanslmeier, Arnold (2011): Kosmische Katastrophen. Verlag Vehling, Graz
- Ispettorato federale della sicurezza nucleare (IFSN) (2012): Betrachtungen zu infrastrukturellen elektromagnetischen Auswirkungen aufgrund von solaren Eruptionen. IFSN, Berna
- Lang, K. R. (2000): The Sun from Space. Springer
- Lloyd's (2013): Solar Storm Risk to the North American Electric Grid. AER
- Morriña, David / Serra, Isabel u. a. (2019): Probability estimation of a Carrington-like geomagnetic storm. Scientific Reports 9, 2393 (2019). Nature
- National Research Council of the National Academics (2008): Severe Space Weather Events. Understanding Societal and Economic Impacts. The National Academic Press, Washington DC (USA)
- Riswadkar, A. V / Dobbins, B. (2010): Solar Storms: Protecting Your Operations Against the Sun's 'Dark Side'. Zurich Services Corporation
- Ufficio federale dell'energia (UFE) (2012): Geomagnetisch induzierte Ströme im Schweizer Übertragungsnetz. UFE, Berna
- Viljanen, A. / Pirjola, R. (2014): Geomagnetically induced currents in Europe. Modelled occurrence in a continent-wide power grid. Journal of Space Weather and Space Climate, Vol. 4

Sull'analisi dei rischi a livello nazionale

- Ufficio federale della protezione della popolazione (UFPP) (2020): Metodo per l'analisi nazionale dei rischi. Catastrofi e situazioni d'emergenza in Svizzera 2020 (in tedesco). Versione 2.0. UFPP, Berna
- Ufficio federale della protezione della popolazione (UFPP) (2020): Quali rischi minacciano la Svizzera? Catastrofi e situazioni d'emergenza in Svizzera 2020. UFPP, Berna
- Ufficio federale della protezione della popolazione (UFPP) (2020): Rapporto sull'analisi nazionale dei rischi. Catastrofi e situazioni d'emergenza in Svizzera 2020. UFPP, Berna
- Ufficio federale della protezione della popolazione (UFPP) (2019): Catalogo dei pericoli. Catastrofi e situazioni d'emergenza in Svizzera. 2^a edizione. UFPP, Berna

Ufficio federale della protezione della popolazione UFPP

Guisanplatz 1B
 CH-3003 Berna
 risk-ch@babs.admin.ch
 www.protpop.ch
 www.risk-ch.ch