

## **Storie di disastri da raccontare durante l'epoca di Chimica in 7a**

Quanto segue è una serie di storie vere di disastri che ho riassunto e raccontato durante l'epoca di Chimica in 7a classe, secondo le indicazioni date dal Prof. Schulze di Kassel. Ho deciso di raccogliere in questo documento perchè per trovarne alcune ho impiegato ore di ricerche, onde raccontare una storia coerente ed educativa rispetto a quanto veniva trattato a lezione.

Consiglio a chiunque voglia prendere ispirazione da questo fascicolo, di effettuare comunque ulteriori ricerche online sui vari disastri raccontati, visto che non ho riassunto proprio tutto nel dettaglio, ma a lezione mi sono basato anche sulla memoria di quanto avevo letto. Wikipedia in inglese fornisce dettagli su ogni storia da me riassunta, e immagino che in parte si trovino anche in italiano.

Ci tengo a specificare che il fatto di raccontare storie di disastri in 7a è stato secondo me un gran successo, come d'altronde già preannunciato dal Prof. Schulze nel nostro seminario di Kassel nell'agosto 2010.

Mirko Kulig

# Centrale nucleare di Fukushima, Giappone

**11 Marzo 2011 ore 14:46:** terremoto Tohoku e conseguente Tsunami: i reattori 1, 2 e 3 erano operativi ma i reattori 4, 5 e 6 erano spenti per manutenzione. L'impianto era protetto da un muro contro tsunami fino a 5.7 m, ma essendo questo di 10 m ha superato il muro e danneggiato l'impianto.

Quando è stato rilevato il terremoto, i reattori 1, 2 e 3 si sono spenti automaticamente per sicurezza. I generatori al diesel di elettricità che alimentano le pompe si spengono alle 15:41.

Viene dichiarata emergenza nucleare a cause del fallimento del sistema di raffreddamento del reattore. Evacuati i residenti fino a 2 km di distanza

**12 Marzo ore 15:36:** sopra il reattore 1 c'è un'esplosione di idrogeno. L'area di evacuazione viene estesa a 20 km, 200'000 persone. Si misurano livelli radioattivi.

**13 Marzo:** sale la pressione nel reattore 2

**14 Marzo:** esplose il reattore 3, ferendo 11 persone

**15 Marzo ore 06:14:** danni al sistema di raffreddamento temporaneo del reattore 2 e conseguente esplosione. Alle 06:00 c'era stata anche una esplosione al reattore 4 con conseguente fuoco, che viene spento alle 12:00. Salgono i livelli radioattivi e ulteriore personale viene evaquato.

**16 Marzo:** la TEPCO annuncia che la piscina di raffreddamento del reattore 4 sta bollendo, con rischio di esplosione. Sale fumo. Salgono ancora i livelli radioattivi.

**17 Marzo:** viene portata acqua con elicotteri per raffreddare i reattori.

**18 Marzo:** i pompieri spruzzano acqua sui reattori. La radioattività scende leggermente

**19 Marzo:** ulteriori lavori di raffreddamento, e sembra che la temperatura nei reattori stia scendendo

**20 Marzo:** viene ricollegata la corrente all'unità 2, e vengono riparati i generatori diesel delle unità 5 e 6. Ma la pressione nel reattore 3 continua a salire, e viene proposto di rilasciare aria radioattiva per diminuire la pressione. Non viene però fatto più tardi perchè ritenuto non necessario. Viene annunciato che l'impianto, una volta superata la crisi, sarà chiuso.

La radioattività viene misurata nell'acqua ed in alcuni cibi fino a Tokyo, a 210 km di distanza. Molte persone se ne sono andate da Tokyo. Livelli alti vengono anche misurati su vegetali e latte prodotti nella regione.

Simulazioni prevedono leggere quantità di radioattività anche misurabili negli Stati Uniti.

# Grande incendio di Chicago, USA

**L'8 ottobre 1871 alle 9 di sera** nella stalla di Patrick e Catherine O'Leary una vacca ha apparentemente dato un calcio ad una lanterna ad olio (in realtà il giornalista che riferì questa storia ammise più tardi di averla inventata) cominciando l'incendio.

Il fuoco si diffuse rapidamente a causa del fatto che molte costruzioni erano fatte di legno, del fatto che c'era stata una siccità e che i venti da sudovest portarono rapidamente il fuoco verso il centro cittadino. Inoltre, la città non reagì rapidamente allo spargersi delle fiamme.

**Alle 9:40 di sera i pompieri ricevettero il primo allarme.** Questi vennero inizialmente inviati nella direzione sbagliata, ritardando ulteriormente l'intervento. I forti venti e le costruzioni fatte principalmente di legno diffusero ancora più rapidamente le fiamme. Inoltre, lungo il fiume c'erano **depositi di carbone** che presero pure fuoco. **Schegge di legno infiammate** volarono su tetti anche al di fuori della zona dell'incendio, scatenando ulteriori focolai.

I tentativi di spegnere l'incendio furono senza successo. Il sindaco chiamò addirittura in aiuto altre città, ma quando poi il fuoco distrusse la **centrale idrica della città**, anche i pompieri si trovarono senza acqua, e quindi impossibilitati a lavorare.

**Il fuoco si estese nel centro economico** della città distruggendo hotel, negozi, il comune, il teatro dell'opera, chiese. Il fuoco continuò ad estendersi verso nord. La gente fuggì verso nord, e molti cercarono **rifugio nelle fredde acque del lago Michigan.**

Alla fine **il fuoco si spense da solo** la mattina del 10 ottobre, grazie ad una diminuzione del vento, e ad una leggera pioggia.

Il fuoco bruciò la città per 2 giorni, distruggendo 10 kmq di città, uccidendo 300 persone, lasciandone 100'000 senza casa, e distruggendo circa un terzo della città. Il valore dei danni fu di 200 milioni di dollari.

La ricostruzione ricominciò molto presto, con donazione di denaro, vestiti e cibo che giunse da tutta la nazione. Il primo carico di legname per la ricostruzione arrivò il giorno in cui venne spenta l'ultima casa che ancora bruciava.

Alcune teorie sostengono che il fuoco fu causato da una pioggia di meteoriti, visto che nello stesso giorno si hanno notizie di 4 grandi incendi tutti nella regione di Chicago.

# Disastro di Kaprun, Austria

**Austria, 11 Novembre 2000, ore 9 di mattina:**

**161 passeggeri più il conducente** salgono sulla funicolare per andare a sciare sul ghiacciaio di **Kitzsteinhorn**. La funicolare segue un percorso totale di **3900 m**, di cui **3300 m in un tunnel** per terminare alla stazione montana di **Alpine Centre**.

Pochi minuti dopo la partenza, un **scaldatore elettrico** in una cabina per piloti nella parte bassa del convoglio comincia a bruciare, a causa di un errore di costruzione. Il fuoco brucia un tubo di plastica che porta un liquido infiammabile del sistema di frenaggio, e la perdita di pressione nel fluido fa **fermare il treno** (procedura di sicurezza standard).

Il conducente, che si trovava alla testa della funicolare, si rende conto che è scoppiato un incendio, ne informa il centro di controllo, e prova ad aprire le porte idrauliche del treno, ma la perdita di pressione le ha bloccate. Il fuoco poi brucia un cavo di collegamento e causa un blackout delle comunicazioni tra il controllore e la centrale.

I passeggeri, divenuti consapevoli dell'incendio, provano a rompere le finestre della cabina. Verso il retro del treno, **12 passeggeri** riescono a rompere una finestra e seguono il consiglio di uno dei passeggeri che è stato un pompiere volontario per 20 anni, e **vanno verso il basso**, oltre il fuoco e al di sotto del fumo.

Gli altri passeggeri ancora imprigionati, hanno già perso coscienza a causa dei fumi tossici. Il controllore riesce alla fine a **sbloccare le porte**, permettendo ai passeggeri ancora coscienti di uscire e **scappare verso l'alto**, via dal fuoco. Il tunnel si comporta però come un **grande camino**, risucchiando ossigeno da sotto e mandando i fumi tossici, il calore ed il fuoco stesso verso l'alto. Tutti i passeggeri che sono andati verso l'alto, come pure il conducente, muoiono di asfissia a causa del fumo e vengono poi bruciati dalle fiamme inarrestabili.

**Il conducente e l'unico passeggero** sul treno in discesa, muoiono pure loro asfissati. Il fuoco continua a salire e raggiunge la Stazione Alpina, 2500 m più in alto. Alcuni impiegati del Centro Alpino, vedendo arrivare il fumo, scappano attraverso un'uscita di emergenza, dimenticando **aperta la porta**, e causando in questo modo **un'intensificazione del fuoco** a causa della corrente che si crea. Le persone nel Centro Alpino scappano tutte tranne **4 persone**, di cui uno viene salvato dai pompieri, ma altri **3 muoiono** di asfissia.

**Gli unici sopravvissuti** sono i 12 passeggeri che sono scappati verso il basso, via dal fuoco e dal fumo.

## Pozzi petroliferi Kuwaitiani

Nel 1991 l'Iraq invase il Kuwait. Si creò allora una coalizione internazionale che liberò nuovamente il Kuwait. Prima di andarsene però, l'esercito iracheno diede fuoco a 750 pozzi petroliferi Kuwaitiani.

**6 milioni di barili** vennero bruciati ogni giorno, e l'ultimo pozzo fu spento 8 mesi dopo la fine della guerra. In totale, **i pozzi bruciarono per circa 10 mesi.**

Petrolio che non era stato incendiato, fuoriuscì creando **300 laghi** di petrolio.

Le operazioni di spegnimento costarono **1.5 miliardi di dollari.** Cominciarono l'11 marzo 1991, e terminarono in novembre dello stesso anno.

Vennero chiamati fino ad un totale di **27 team** da molti paesi diversi per lo spegnimento degli incendi. Questi team arrivarono a spegnere fino a **8 pozzi al giorno**, nell'ottobre 1991.

**Le tecniche** di spegnimento usate furono:

**-spegnimento con acqua marina:** Essendo i pozzi in mezzo al deserto, condutture per il petrolio venne convertita per portare l'acqua marina dalla costa, con una capacità di circa 16'000 litri al minuto.

**-spegnimento con tubo:** appoggiando un tubo sul pozzo, si portava in questo modo la fiamma più in alto e la si restringeva, così da poter versare azoto liquido o acqua per estinguerla.

**-aggiunta di sfoghi per il petrolio:** venivano scavati canali laterali al principale canale di uscita, in modo da diminuire la pressione di uscita del petrolio e facilitare in questo modo lo spegnimento.

**-utilizzo di dinamite per togliere l'ossigeno al fuoco:** con questo metodo si usa dell'esplosivo, come la dinamite, per consumare istantaneamente tutto l'ossigeno contenuto nell'aria circostante al fuoco e in questo modo soffocarlo. Appena spento, bisogna subito chiudere il pozzo, perchè nell'aria rimane grande quantità di petrolio e ossigeno che una semplice scintilla può reincendiare.

**-utilizzo di una turbina di Jet russo,** che convogliava un getto ad alta pressione di acqua ed aria contro il fuoco.

**Il clima** di tutta la regione del Golfo fu influenzato molto dal rogo dei pozzi Kuwaitiani.

## Incendio di Yellowstone, USA

**Giugno-agosto 1988:** oltre 250 fuochi scoppiarono nella zona del Parco Nazionale dello Yellowstone. Fu il più grande incendio visto nel parco nazionale dell Yellowstone. Furono bruciati, in totale, 3213 kmq di foresta, pari al 36 percento del parco. In singole giornate, bruciarono fino a 610 kmq di foresta. Le fiamme, alimentate da venti, attraversarono strade e linee blocca fuoco. Scintille alzate dal vento accesero nuovi folocai fino a 1.5 km davanti al fronte infuocato. Bruciando le chiome degli alberi, le fiamme raggiunsero i 60 m di altezza. Le fiamme avanzavano fino a 15 km in un solo giorno, trascinate da venti che raggiunsero i 130 km/h. In un solo giorno, bruciò più superficie del parco, di quanta era bruciata in tutti i fuochi da quando il Parco era stato istituito.

Malgrado ciò, non si intervenì sempre subito, essendoci una regola istituita dal parco per permettere ai fuochi di svilupparsi, essendo questi parte del sistema di autorigenerazione del parco. Molti di questi incendi furono accesi da fulmini.

Quando intorno a settembre il fuoco arrivò ad uno dei principali centri turistici del parco, il parco fu chiuso. L'infrastruttura fu ben protetta, ma alcune costruzioni furono bruciate.

Tempo più fresco, che portò piogge, ridimensionò l'estensione degli incendi, anche se alcuni fuochi continuarono a bruciare fino a metà novembre.

Il ritorno della vegetazione cominciò quasi subito, con piante come l'*epilobium angustifolium* (fireweed) che riapparvero entro pochi giorni da quando il fuoco era passato. Anche se alcune azioni di distribuzione di semi furono fatte con aerei, il ritorno della vegetazione fu così completo che non furono fatte altre azioni. Ci fu una grande proliferazione di fiori selvatici nelle zone bruciate.

La pianta principale del parco, una varietà di pino, non subì danni ingenti. Il pino, produce delle pigne che non si aprono a meno che non ci sia un fuoco, quindi fuochi regolari sono vitali per l'espansione della specie. La distribuzione dei semi di questa pianta infatti, fu maggiore laddove il suolo bruciò più intensamente. In regioni in cui ci furono incendi delle chiome degli alberi, la rigenerazione di questo tipo di pino ebbe un notevole incremento dopo 5 anni dall'incendio.

Ci fu una grande espansione di pioppi, che erano precedentemente in diminuzione. I pioppi sono il cibo preferito degli alci, ma a lungo andare vengono soppressi dall'espansione delle conifere.

Contrariamente a quanto riferito dai media, pochi animali furono vittima dell'incendio. Studi mostrarono che circa 345 alci, 36 cervi, 6 orsi neri, 9 bisonti e 1 grizzly morirono. Le vittime maggiori furono i roditori, non tanto a causa del fuoco e del fumo, ma a causa del fatto che dopo i fuochi non c'era più la piccola vegetazione in cui essi si nascondono, rendendoli facile preda.

## **Esplosione del monte Pinatubo, Filippine**

16 Luglio 1990: un forte terremoto colpisce l'isola di Luzon, nelle Filippine. Due settimane dopo la gente del luogo riferisce l'uscita di fumo dal vulcano. Intorno a metà marzo del 1991, l'attività vulcanica aumenta, e i vulcanologi richiedono una evacuazione della zona.

Il popolo degli Aeta che viveva sulle pendici del vulcano, abbandona le proprie case.

La prima evacuazione formale avviene il 7 aprile 1991. 60'000 persone si allontanano dal vulcano.

La prima eruzione magmatica avviene il 7 giugno, e si crea un duomo di magma sulla cima del vulcano.

Il 12 giugno alle 3:41 comincia una fase eruttiva ancora più violenta, e si forma una colonna di materiali eruttati che raggiunge i 19 km di altezza. Susseguenti eruzioni ancora più violente spingono la colonna eruttiva fino a 24 km di altezza, circondata di fulmini. Per diversi giorni si susseguono eruzioni violente.

Il 15 giugno giunge il Tifone Yunya, che passa circa 75 km a nord del vulcano. La pioggia portata dal monzone si meschia con le cenere ed i gas, creando una nuvola di cenere che porta l'oscurità più totale, e che raggiunge il Vietnam, la Cambogia e la Malesia.

Le eruzioni si susseguono fino a 12 giorni dopo la prima eruzione.

Grandi quantità di minerali e metalli furono portati alla superficie: 800'000 tonnellate di zinco, 600'000 tonnellate di rame, 550'000 tonnellate di cromo, 300'000 tonnellate di nickel, 100'000 tonnellate di piombo, ed altri ancora.

Tutta l'eruzione espulse circa 10 km cubici di materiale. Sulla cima si formò una caldera di 2.5 km di diametro. Il vulcano si abbassò di 260 m.

Oltre 800 persone furono uccise dall'eruzione.

Il diossido di zolfo espulso dal vulcano si mescolò con l'acqua dell'atmosfera per creare acido solforico, che si sparse nell'atmosfera. Si stima che 17 milioni di tonnellate di ossido di zolfo furono diffuse nell'atmosfera. Questa enorme nuvola rimase nell'alta atmosfera per 3 anni, abbassando la temperatura media dell'emisfero nord della terra di 0.5-0.6°C.

Dopo l'eruzione si formò un lago nel cratere. Il lago era inizialmente caldo e molto acido, con un PH di 2 e temperature di circa 40°C. Nel 2003 poi nel lago furono misurati 26°C ed un PH di 5.5.

## Lago Nyos, Camerun

La mattina del **22 agosto 1986**, un signore decise di sfruttare le fresche ore mattutine e, saltato sulla sua bicicletta, si diresse dal villaggio di Wum verso il villaggio di Nyos, in Camerun.

Sulla via, incontrò una **antilope morta** sul bordo della strada. Disse a se stesso: "Perchè lasciarla qui a marcire?", e caricata l'antilope sulla bicicletta, continuò a pedalare verso il villaggio di Nyos. Sulla via però incontrò presto due ratti morti, pio un cane morto, ed in seguito altri animali morti. Si chiese se non fossero stati tutti uccisi da un fulmine, visto che questo fatto era già accaduto in precedenza.

Giunse poi ad un gruppo di casette, con l'intenzione di chiedere agli abitanti se sapessero le cause della morte di tutti quelli animali. Ma mano a mano che si avvicinava, cominciò a vedere **corpi di uomini morti da tutte le parti**. Lo shock fu tale, che saltò giù dalla bicicletta, e ritornò di corsa a Wum.

Quando arrivò a Wum, i sopravvissuti della ancora sconosciuta onda di morte stavano arrivando lentamente a Wum. Raccontavano strane storie di **un'esplosione, rumori frastornanti e strani odori**, e raccontavano di essere **svenuti per 36 ore** per poi risvegliarsi e trovare morte tutte le persone intorno a loro.

Quando i ricercatori arrivarono 2 giorni dopo, scoprirono che nel corso di **una notte**, qualcosa aveva ucciso **1800 persone**, oltre a **3000 vacche** e innumerevoli altre creature. In pratica, **ogni forma di vita animale per molti km**. E la cosa più strana era che **l'assassino era scomparso rapidamente** come era apparso.

Scienziati da tutto il mondo arrivarono in Camerun per capire le cause delle morti, ma i **cadaveri non mostravano alcun segno di sangue**, traumi fisici, malattie, come pure esposizione e radiazioni, armi chimiche o gas tossici. E nessuno mostrava segni di sofferenza dovuta a lenta agonia. Apparentemente, tutte le vittime erano semplicemente svenute e poi morte.

La **distribuzione delle morti** diede la prima chiave del mistero: tutti i morti si concentravano entro **un raggio di circa 20 km dal lago Nyos**. Leggende locali raccontavano che il lago era un "**lago cattivo**", e che anni prima uno **spirito malvagio** si era levato dal lago distribuendo morte tutto intorno.

Scoprirono poi che il lago, che era **sempre stato di colore blu**, aveva radicalmente cambiato colore divenendo **rosso sporco**.



Il lago Nyos si trova dentro al vecchio cratere di un vulcano estinto. Il vulcano era ritenuto spento, era quindi possibile che fosse ritornato attivo? Ma in tal caso ci sarebbero dovute essere delle scosse sismiche, che però non erano state rilevate.

**Un'altro indizio** venne in seguito dalle case degli abitanti dei villaggi. **Le lampade ad olio erano tutte state spente.**

Gli scienziati cominciarono a studiare le acque prelevate dalle profondità del lago (che raggiunge i **210 m di profondità**). Il **colore rosso** delle acque mostrò essere dovuto a **ferro disciolto**, che però generalmente si trova nelle profondità dei laghi. In qualche modo, i sedimenti delle profondità erano stati portati in superficie. Nelle acque profonde trovarono poi **altissime concentrazioni di CO<sub>2</sub>** disciolte nell'acqua.

Gli scienziati cominciarono allora a capire. Anche se il vulcano era spento, la **camera magmatica aveva continuato a rilasciare CO<sub>2</sub>**, che però era rimasta nelle profondità grazie alla alta pressione. Grandi quantità di CO<sub>2</sub> si erano quindi accumulate in profondità senza raggiungere la superficie grazie al fatto che il lago è estremamente tranquillo, senza circolazione di acqua.

Ma esiste un limite a quanto CO<sub>2</sub> può dissolversi in acqua, anche in condizioni di pressioni estremamente alte. Superato quel limite, il CO<sub>2</sub> viene spinto verso l'alto dove la più piccola interferenza può farlo frizzare fino alla superficie, causando una reazione a catena che porta con se altro CO<sub>2</sub>.

**Il CO<sub>2</sub> è senza odore, senza colore, e non tossico.** Ma essendo **più pesante dell'aria**, la sposta e può causare asfissia.

Gli scienziati cercarono prove di eventi simili, e scoprirono che **2 anni prima** un caso analogo era accaduto a ca **100 km di distanza**, in prossimità di un'altro lago vulcanico (37 persone erano morte).

Testimoni oculari dissero che il **17 agosto il lago aveva cominciato a frizzare**, a fare bolle, creando una **foschia bianca** che si era accumulata sopra il lago. Poi, il **21 agosto**, il lago era esploso, spruzzando acqua e CO<sub>2</sub> fino a 100 m di altezza, rilasciando **1.2 chilometri cubici di gas in 20 secondi**. IL gas riuscì così ad uscire dai bordi del cratere, e discendendo la valle a 70 km/h.

Testimoni del fatto ebbero la buona idea di salire più in alto sulle colline. Un uomo racconta di aver visto le persone cadere a terra come mosche morte, e di esser quindi saltato sulla sua moto per scappare dalla nube mortale.

Persone che si trovavano nelle loro case chiuse e che stavano in piedi, sopravvissero, ma nella stessa casa altre persone che erano già a letto (e quindi più vicine al terreno) morirono di asfissia.

## Le grotte di Naica, Messico

**26 milioni di anni fa**, a Naica, in Messico, nella regione di Chihuahua, si creò una camera magmatica. Il magma riscaldò le acque sotterranee che divennero sature di minerali, incluse grandi quantità di gesso. Un grossa caverna si riempì di quest'acqua circa 500'000 anni fa.

Al giorno d'oggi, la zona sovrastante la camera magmatica, è una miniera di zinco, argento e piombo da oltre 100 anni e che raggiunge una **profondità di 850 m**.

Nel 2000 i minatori stavano scavando un nuovo **tunnel a circa 300 m** di profondità. Essendo questa una zona calcarea, i minatori temevano un allagamento. Potenti impianti di pompe estraggono l'acqua di questo livello da oltre 20 anni.

Continuando le loro escavazioni, i minatori incontrarono una caverna a forma di ferro di cavallo, larga **10 m e lunga 30 m**. Altre 2 caverne furono scoperte nello stesso anno, che andarono ad aggiungersi ad una caverna scoperta già nel lontano 1910.

Quando entrarono rimasero impressionati da ciò che videro: la chiamarono la Caverna dei cristalli giganti.

La temperatura odierna, nella caverna, è tra i **40° ed i 58°**, con il **90-99%** di umidità. La caverna viene tenuta asciutta da pompe che lavorano continuamente.

Gli esploratori possono resistere poco tempo senza un'appropriato equipaggiamento. Infatti, la caverna non è ancora stata esplorata completamente per questa ragione.

Il cristallo più grande trovato fino ad oggi è lungo **11 m, largo 4 m e pesa 55 tonnellate**. I cristalli sono di gesso.

Il gesso contiene Calcio e zolfo.

## Diga di Vajont, Italia

La diga di Vajont fu **terminata nel 1959**.

La diga è alta **262 m**, ha uno spessore di **27 m** alla base, e **3.4 m** sulla cima.

Durante il **1960 furono osservati smottamenti** e frane sulla pareti del monte Toc. Il fatto fu generalmente ignorato dagli ingegneri.

Nel 1960 ci fu uno smottamento di materiale che cadde nel lago generato dalla diga.

Il livello del lago fu **abbassato di 50 m** e venne costruita una galleria per mantenere la diga attiva.

Nel **marzo del 1963**, terminati i lavori, vennero rilevati dalla popolazione diversi smottamenti e movimenti del terreno, ma la gestione della diga ignorò questi fatti.

**Il 9 marzo 1963 alle 10:35** piogge causarono uno smottamento di **260 milioni** di metri cubici di foreste, terra e rocce che caddero nel lago generato dalla diga ad una velocità di **110km/h**. Lo spostamento di acqua conseguente causò **50 milioni** di metri cubi di acqua di superare il livello della diga con una onda di **250 m di altezza**.

**Un terzo** del lago si svuotò.

L'allagamento della valle del Piave causò la distruzione dei villaggi di Longarone, Pirago, Rivalta, Villanova e Faè, uccidendo circa **2000 persone** e cambiando il terreno sotto la diga in una pianura di fango.

Durante la susseguente ricerca delle cause del disastro, venne stabilito da analisi geologiche che lungo le pareti della valle c'era un sottile **strato di argilla** nella circostante roccia calcarea.

Questo strato di argilla fornì una superficie su cui il terreno poteva scivolare. Ma comunque, cosa poteva causare la frana di una massa così grande di terreno? La risposta che venne data a questa domanda fu che, in condizioni normali (prima che venne costruita la diga), l'acqua contenuta nel terreno poteva filtrare attraverso l'argilla, ma la costruzione della diga, ed il conseguente lago, impedirono questo processo. Questo causò l'aumento della pressione dell'acqua nel terreno fino a che il gigantesco smottamento si verificò.

## **Eruzione del vulcano Laki, Islanda**

**L'8 giugno 1783**, si aprì una fessura composta da **130 crateri** con una esplosione freatica dovuta al contatto di magna e acqua sotterranea. Entro un paio di giorni, l'eruzione divenne meno esplosiva, più di tipo Hawaiano (**effusione di lava**). **Le fontane di lava** si stima che raggiunsero gli **800-1400 m di altezza**. **In Gran Bretagna**, durante tutta l'estate continuò a **cadere cenere**. I gas emessi vennero portati fino a 15 km di altezza.

**L'eruzione continuò fino al 7 Febbraio 1784**. L'espulsione di gas, incluso il **fluoruro di idrogeno** e il **diossido di zolfo**, creò quella che venne chiamata la "**Nuvola di Laki**" su tutta l'Europa.

Le conseguenze in **Islanda** furono catastrofiche. Si stima che il **20-25% della popolazione morì di carestia** e intossicazione da fluoro. Circa **l'80% delle pecore**, il **50% delle vacche** e il **50% dei cavalli** morirono di **osteofluorosi** e **fluorosi dentale**, una malattia in cui i fluoruri attaccano le ossa ed i denti.

Un prete diede un sermone in cui descrive la situazione come segue: "**In quest'ultima settimana, e le due settimane precedenti, è caduto più veleno dal cielo di quanto le parole possano descrivere: cenere, lapilli, piogge piene di zolfo e nitrato di potassio, tutti mischiati con sabbia. Il muso, le narici ed i piedi degli animali sono diventati gialli e ruvidi. Tutte le acque sono diventate tiepide e azzurre e la ghiaia è diventata grigia. Tutte le piante sono bruciate, appassite e sono diventate grigie, mentre il fuoco si è ingrandite e si è avvicinato al villaggio**".

I vulcani emisero circa **120 milioni di tonnellate di diossido di zolfo**, corrispondente a circa 3 volte la quantità emessa dalle industrie europee nel 2006. Questo gas causò una nuvola che si sparse su tutta l'Europa, risultando nella **morte di molte migliaia** di persone.

**L'estate del 1783 fu la più calda mai registrata**. La nuvola si distribuì dalla **Norvegia**, alla **Repubblica Ceca**, alla **Germania**, **Francia**, e **Gran Bretagna**. Era così densa **che le navi rimasero nei porti**, essendo impossibilitate a navigare. Il **sole** venne descritto del **colore del sangue**.

L'inalazione del **diossido di zolfo** causò il rigonfiamento dei tessuti interni delle vittime. Si stima che nella **sola Inghilterra**, morirono **23'000 persone**, principalmente quelle che lavoravano all'aperto.

Il clima caldo causò **temporali violenti**, con **grandine** molto grande, che uccise molte vacche.

**L'inverno seguente fu estremamente freddo**, con periodi prolungati di gelo continuo. Si stima che **8'000 persone morirono a causa del freddo**. In **primavera**, in **Europa centrale** ci furono **alluvioni estreme**, con danni incalcolabili.

**L'impatto metereologico continuò per diversi anni**, con condizioni climatiche estreme che causarono la distruzione di molti raccolti, e conseguenti carestie e povertà.

In **nord America**, l'inverno **del 1784 fu il più lungo e freddo** mai registrato. Il **fiume Mississipi** ghiacciò a **New Orleans**, e c'era ghiaccio anche nel **Golfo del Messico**.

Si ritiene che l'eruzione abbia anche causato **un'inasprimento** della **carestia** in **Giappone** che stava già colpendo il paese da 2 anni.

Ci sono prove che l'eruzione del vulcano Laki ebbe **conseguenze** anche **sui monsoni africani e indiani**, portando una diminuzione delle piogge. Le minori piogge, causarono **siccità** in **India** come pure **un'abbassamento** del **fiume Nilo**, con una conseguente **carestia** che afflisse **l'Egitto** nel 1784, e che uccise circa il **16%** della popolazione.

Si ritiene che l'eruzione e le sue conseguenze abbiano ucciso oltre **6 milioni** di persone in tutto il mondo. È ritenuta essere l'eruzione vulcanica che ha causato il più grande numero di morti da quando si registra la storia dell'umanità.

## **Disastro di Bhopal**

Già tra il 1976 ed il 1984 ci furono diverse perdite di gas che causarono problemi di salute, come pure la morte di diversi impiegati della fabbrica, che voleva risparmiare su sistemi di sicurezza.

La fabbrica produceva Sevin, un prodotto pesticida.

In novembre 1984 la maggior parte dei sistemi di sicurezza non era in funzione, e diverse valvole erano in pessime condizioni.

Durante la notte del 2-3 dicembre 1984 acqua entrò in un serbatoio. La reazione delle sostanze chimiche con l'acqua e diversi altri fattori determinarono che la temperatura nel serbatoio salì oltre i 200°C, causando l'aumento della pressione.

La valvola per pressioni troppo alte rilasciò quindi nell'atmosfera 30 tonnellate di isocianato di metile entro 60 minuti.

Il gas venne spinto verso Bhopal. La nuvola era composta da gas principalmente più pesanti dell'atmosfera e rimase quindi vicino al terreno.

Entro la mattina, migliaia di persone erano decedute. 170'000 persone vennero inviate all'ospedale. 2'000 bufali, capre ed altri animali perirono. Entro alcuni giorni, le foglie degli alberi divennero gialle e caddero.

I problemi di salute riscontrati furono: bruciature del tratto respiratorio, mancanza di aria, dolori allo stomaco e vomito.

Le persone affette da disturbi furono 520'000. 3'900 morirono immediatamente, altre 8'000 entro 2 settimane.

La zona affetta fu in seguito espansa a 700'000 persone.

## Disastro di Flixborough, 1 giugno 1974

L'impianto chimico di Flixborough produceva caprolactam, un prodotto chimico in uso per la produzione di nylon. Il processo includeva l'ossidazione di cicloesano con aria in una serie di 6 reattori.

In aprile del 1974 venne scoperta una falla nel 5° reattore. Venne deciso di installare un tubo di 50 cm di diametro per girare intorno al reattore e continuare la produzione.

**Alle 16:53 di sabato 1° giugno**, il tubo, che conteneva cicloesano a 150° e una pressione di 10 atmosfere si ruppe, probabilmente come risultato di un fuoco in un tubo vicino che bruciava già da un ora. Entro 1 minuto, circa 40 tonnellate di cicloesano si distribuirono nell'ambiente formando una nuvola di vapore di circa 100-200 m di diametro. La nuvola, venendo in contatto con delle fiamme, esplose distruggendo completamente l'impianto. Circa 1'800 costruzioni entro un raggio di ca. 1500 m vennero danneggiate.

L'esplosione venne paragonata a 15 tonnellate di TNT, e uccise 18 impiegati. Altri 9 lavoratori nella zona vennero uccisi.

Se l'esplosione fosse avvenuta in un giorno settimanale, probabilmente più di 500 impiegati sarebbero morti. I fuochi che si svilupparono bruciarono per 10 giorni.

I vicini villaggi di Flixborough, Burton e Amcotts subirono ingenti danni. L'esplosione venne udita fino a circa 50 km di distanza.

L'indagine mostrò che il tubo si ruppe a cause di pressioni troppo elevate. Era stato disegnato da personale che non aveva esperienza in tubi ad alta pressione. Inoltre, visto che il tubo era più piccolo dell'uscita del reattore, vennero applicati una sorta di imbuto per adattare i due attacchi. Questi imbuto però erano più fragili e non furono in grado di resistere alla pressione.

In conseguenza di questo disastro, il governo inglese inasprì le leggi sulla sicurezza di impianti chimici.

Il cicloesano è un prodotto chimico utilizzato quale solvente per la produzione di nylon che è altamente infiammabile.

## Disastro di Texas city, 16 aprile 1947

La nave Grandcamp di origini francesi si trovava al molo di Texas city. Trasportava **nitrate di ammonio** e munizioni. La nave High Flyer conteneva altre **961 tonnellate di nitrate** di ammonio e **1800 tonnellate di zolfo**. Il nitrate di ammonio era diretto verso fattorie europee.

Il nitrate di ammonio al 38% utilizzate come fertilizzante ed esplosivo veniva prodotto in Nebraska e Iowa e spedito in Texas via ferrovia prima di essere caricato sulle navi. Veniva mischiato con **argilla, petrolio, paraffina e resina di conifere**. Era imballato in sacchi di carta. Marinai dissero che era caldo al contatto prima di essere caricato.

**Alle 8 di mattina del 16 aprile 1947** venne visto del fuoco sulla Grandcamp. Tentativi di spegnere il fuoco nella prossima ora non ebbero successo.

Verso le 9, il capitano ordinò di **convogliare vapore nella stiva** per spegnere l'incendio e preservare il resto del cargo (procedura comune). Nel frattempo, il fuoco aveva attirato persone sul molo che pensavano di essere a distanza di sicurezza. Gli spettatori notarono

che l'**acqua intorno alla chiglia bolliva dal calore**, e piccole onde che spruzzavano sul metallo venivano vaporizzate immediatamente. Il ponte cominciò a flettersi dalla pressione del vapore dentro.

Alle **9:12 il nitrato di ammonio raggiunse la soglia dell'esplosione** e la nave esplose. L'esplosione creò un'**onda alta 4.5 m** rilevabile a **160 km** fuori dalla costa. **1'000 costruzioni** vennero distrutte. Venne distrutta una compagnia chimica nella zona e l'esplosione **causò l'incendio di raffinerie e serbatoi chimici** lungo il porto. **2 aerei per turisti** che volavano nella zona persero le ali. A **16 km**, le persone a Galveston dovettero mettersi in ginocchia. Vennero distrutte finestre a Houston, **60 km** di distanza. A **160 km**, in Louisiana, persone percepirono la deflagrazione.

Si stimarono **567 vittime**, ma probabilmente furono di più. I numerosi incendi tennero lontani i vigili del fuoco.

La prima esplosione determinò un incendio sul High Flyer, e 15 ore dopo la prima esplosione, anche **l'High Flyer esplose**, demolendo una nave militare vicina. Una delle eliche venne ritrovata a **1.6 km** di distanza. I danni al porto furono ancora più ingenti.

Più di **5'000 persone** furono ferite, **500 case** vennero distrutte e **2'000 persone rimasero senza casa**. 1'100 veicoli vennero distrutti e **362 navi da cargo** vennero danneggiate o distrutte. Il costo stimato fu di 100 milioni, pari a 1 miliardo oggi.

Un'ancora di **2 tonnellate fu ritrovata a 2.6 km** di distanza in un cratere di 3 metri. L'altra ancora di **5 tonnellate fu ritrovata a 800 m**. Galveston fu ricoperta di una nube oleosa che lasciò depositi ovunque.