



IL RISCHIO NATECH E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Il rischio NaTech rappresenta una sfida complessa che richiede un approccio multidisciplinare. La combinazione di eventi naturali estremi e vulnerabilità tecnologiche crea scenari unici che mettono alla prova le nostre capacità di previsione, prevenzione e risposta. In un mondo sempre più interconnesso e dipendente dalla tecnologia, la capacità di prevenire e mitigare gli eventi diventa un fattore critico per la competitività economica e la sostenibilità a lungo termine.

Introduzione

Il termine “NaTech” è una fusione delle parole “naturale” e “tecnologico”, e si riferisce a un tipo di rischio complesso che si verifica quando disastri naturali innescano incidenti tecnologici. Questi eventi, spesso imprevedibili e potenzialmente catastrofici, rappresentano una sfida crescente per le società moderne, sempre più dipendenti da infrastrutture tecnologiche complesse e vulnerabili agli eventi naturali estremi.

Il rischio NaTech si manifesta quando un evento naturale, come un terremoto, un'alluvione, una frana o un uragano, causa danni a impianti industriali, infrastrutture energetiche, reti di trasporto o altre installazioni tecnologiche, portando a conseguenze secondarie come incendi, esplosioni, rilasci di sostanze tossiche o interruzioni di servizi essenziali. Questi incidenti “a cascata” possono amplificare notevolmente l'impatto del disastro naturale iniziale, creando scenari di emergenza complessi e difficili da gestire.

Gli eventi NaTech rappresentano una sfida crescente a causa dell'aumento di fenomeni meteorologici estremi legati al cambiamento climatico.

Un rischio multidisciplinare

Il rischio NaTech è intrinsecamente multidisciplinare, richiedendo l'integrazione di conoscenze e competenze provenienti da diversi campi scientifici e tecnici. Questa caratteristica deriva dalla complessità degli scenari NaTech, che coinvolgono l'interazione tra sistemi naturali e tecnologici, ciascuno con le proprie dinamiche e vulnerabilità.

La comprensione dei fenomeni naturali che possono innescare eventi NaTech è fondamentale. Geologi, sismologi e meteorologi svolgono un ruolo cruciale nell'identificazione e nella previsione di eventi naturali e le loro conoscenze sono essenziali per valutare la probabilità e l'intensità di questi eventi in specifiche aree geografiche.

Gli ingegneri di diverse specializzazioni (civile, chimica, elettrica e meccanica) sono coinvolti nella progettazione e

nella gestione delle infrastrutture tecnologiche potenzialmente a rischio. La loro *expertise* è fondamentale per sviluppare sistemi resistenti agli eventi naturali e per implementare misure di sicurezza e di contenimento in caso di incidenti.

In molti scenari NaTech, il rilascio di sostanze chimiche pericolose rappresenta una delle principali preoccupazioni. È essenziale per valutare i rischi associati a queste sostanze, prevedere il loro comportamento in caso di rilascio e sviluppare efficaci strategie di mitigazione.

Anche l'aspetto umano del rischio NaTech non può essere trascurato. Sociologi, psicologi ed esperti di comunicazione del rischio svolgono un ruolo cruciale nella comprensione della percezione del rischio da parte della popolazione, nella pianificazione dell'evacuazione e nella gestione del panico durante le emergenze.

Questi sono solamente alcuni degli ambiti coinvolti nel processo di valutazione e analisi di questo rischio (Fig. 1).



Fig. 1 - Il rischio NaTech: un approccio multidisciplinare

L'approccio multirischio nella gestione del rischio NaTech

Data la complessità degli eventi NaTech, un approccio multirischio è essenziale per una gestione efficace. L'approccio multirischio inizia con una valutazione completa che considera non solo i singoli pericoli naturali e tecnologici, ma anche le loro possibili interazioni ed effetti a cascata. Questo processo richiede l'integrazione di dati e modelli provenienti da diverse discipline, come la geologia, la meteorologia, l'ingegneria e l'analisi del rischio.

La creazione di mappe di rischio multilivello è un elemento chiave dell'approccio multirischio. Queste mappe sovrappongono informazioni su pericoli naturali, infrastrutture critiche, densità di popolazione e altri fattori rilevanti, fornendo una visione completa della vulnerabilità di un'area.

Tale approccio implica anche lo sviluppo di scenari che considerano la possibilità di eventi concatenati. Ad esempio, un terremoto potrebbe causare il cedimento di una diga, portando a inondazioni che a loro volta danneggiano un impianto chimico, causando un rilascio tossico. La modellazione di questi scenari complessi richiede una collaborazione interdisciplinare e l'uso di tecniche avanzate di simulazione.

Le misure di mitigazione del rischio devono affrontare simultaneamente diverse vulnerabilità. Ciò può includere il rafforzamento strutturale degli impianti industriali contro i terremoti, la costruzione di barriere contro le inondazioni, l'implementazione di sistemi di contenimento chimico e lo sviluppo di piani di evacuazione multirischio.

I sistemi di allerta precoce per gli eventi devono integrare informazioni provenienti da diverse fonti: previsioni meteorologiche, monitoraggio sismico, sensori industriali etc. Questi sistemi devono essere in grado di interpretare rapidamente dati complessi e fornire avvisi chiari alle autorità e al pubblico.

La preparazione a scenari NaTech richiede esercitazioni che simulino eventi complessi e multirischio. Queste esercitazioni devono coinvolgere diversi attori - servizi di emergenza,

operatori industriali, autorità locali e comunità - e testare la capacità di risposta a situazioni che evolvono rapidamente e presentano minacce multiple.

Infine, a livello istituzionale l'approccio multirischio richiede una governance integrata. Ciò implica la creazione di piattaforme di coordinamento tra diverse agenzie e livelli di governo, e lo sviluppo di politiche e normative che affrontino in modo olistico i rischi NaTech.

Il cambiamento climatico e il rischio NaTech

Il cambiamento climatico sta emergendo come un fattore cruciale nell'evoluzione del rischio NaTech, amplificando sia la frequenza che l'intensità degli eventi naturali estremi che possono innescare incidenti tecnologici.

Il riscaldamento globale sta portando a un aumento della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi come uragani, inondazioni, ondate di calore e siccità. Questi eventi possono mettere a dura prova le infrastrutture tecnologiche, aumentando il rischio di incidenti.

Eventi NaTech

Analizzando eventi passati, emergono *pattern* ricorrenti come effetti a cascata in cui il pericolo naturale innesca molteplici guasti tecnologici con conseguenze amplificate (si veda Tab. 1).

Raccomandazioni per il futuro

Alla luce dell'analisi condotta, emergono diverse raccomandazioni chiave per migliorare la gestione del rischio NaTech in Italia e oltre:

- lo sviluppo di sistemi di monitoraggio integrati che combinino dati da diverse fonti (satelliti, sensori terrestri, reti sociali) può migliorare significativamente la capacità di prevedere e rispondere agli eventi. L'implementazione di sistemi di allerta precoce multirischio dovrebbe essere una priorità a livello nazionale e locale;
- le normative esistenti dovrebbero essere riviste e aggiornate

Evento	Anno	Luogo	Note
Alluvione del fiume Oder	1997	Germania/Polonia	Causò ingenti danni a numerosi impianti chimici e petrolchimici, con rilasci di sostanze pericolose nell'ambiente
Catastrofe di Baia Mare	2000	Romania	Un'inondazione colpì l'impianto minerario di Aurul, che causò il cedimento di dighe di contenimento, rilasciando cianuro e metalli pesanti nei fiumi
Alluvione	2011	Tailandia	Provocò l'allagamento di numerosi stabilimenti industriali, con conseguenti rilasci di sostanze inquinanti e interruzioni prolungate delle attività produttive
Uragano Harvey	2017	USA	Colpì lo stabilimento chimico Arkema a Crosby, Texas, causando la perdita di contenimento di perossidi organici a causa dell'interruzione dell'alimentazione elettrica e del sistema di raffreddamento
Tifone Fitow	2013	Cina	Causò ingenti danni e rilasci di sostanze pericolose in numerosi impianti chimici nella provincia cinese di Zhejiang

Tab. 1 - Eventi catastrofici naturali e conseguenze NaTech

RISCHIO NATECH

MONITORAGGIO
INTEGRATO

NORMATIVE
AGGIORNATE

COINVOLGIMENTO
COMUNITARIO

COOPERAZIONE
INTERNAZIONALE

INFRASTRUTTURE
RESILIENTI

Fig. 2 - Raccomandazioni per la gestione del rischio NaTech in Italia

- per tenere conto della natura complessa del rischio;
- la normativa relativa ai requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante andrebbe aggiornata;
- coinvolgimento attivo delle comunità locali nella pianificazione e gestione degli eventi NaTech;
- innovazione nel settore assicurativo per fornire copertura finanziaria e incentivi per l'adozione di misure di mitigazione;
- rafforzamento della cooperazione internazionale per la gestione di rischi transfrontalieri;
- è necessario un impegno a lungo termine per aggiornare e rafforzare le infrastrutture critiche contro i rischi NaTech. Ciò richiede non solo investimenti finanziari significativi, ma anche l'adozione di nuovi approcci di progettazione che integrino la resilienza fin dall'inizio (Fig. 2).

Guardando al futuro, è chiaro che il rischio NaTech continuerà a essere una sfida significativa per le società moderne. Tuttavia, con l'avanzamento della tecnologia e della conoscenza scientifica, si aprono nuove opportunità per migliorare la nostra capacità di prevedere, prevenire e rispondere a questi eventi complessi:

- l'uso dell'intelligenza artificiale e del machine learning potrebbe rivoluzionare la modellazione e la previsione degli eventi. Questi strumenti possono analizzare enormi quantità di dati in tempo reale, identificando pattern e correlazioni che potrebbero sfuggire all'analisi umana;
- l'implementazione diffusa di sensori IoT potrebbe creare una rete di monitoraggio capillare, fornendo dati in tempo reale sulle condizioni ambientali e lo stato delle infrastrutture critiche. Questo potrebbe migliorare significativamente la capacità di rilevare precocemente potenziali situazioni di rischio;
- le tecnologie di realtà virtuale e aumentata potrebbero rivoluzionare la formazione per la gestione delle emergen-

ze NaTech, permettendo di simulare scenari complessi in modo realistico e sicuro;

- lo sviluppo di nuovi materiali intelligenti e resistenti potrebbe portare alla creazione di infrastrutture più resilienti agli eventi naturali estremi, riducendo il rischio di incidenti tecnologici secondari;
- l'integrazione di soluzioni basate sulla natura, come infrastrutture verdi e blu nelle aree urbane, potrebbe offrire una protezione aggiuntiva contro alcuni rischi naturali, riducendo al contempo l'impatto ambientale delle misure di mitigazione.

Conclusioni

Il rischio NaTech rappresenta una sfida complessa e in evoluzione per le società moderne. La sua natura multidisciplinare richiede un approccio integrato che coinvolga esperti di diverse discipline.

Il cambiamento climatico aggiunge ulteriore complessità, richiedendo un approccio adattativo che integri le proiezioni climatiche future nelle strategie di gestione del rischio.

La gestione efficace del rischio NaTech necessita di una stretta collaborazione tra settori diversi: pubblico e privato, accademia e industria, assicurazioni e ingegneria. Solo attraverso un approccio veramente integrato sarà possibile affrontare le sfide complesse poste dagli eventi NaTech in un mondo in rapido cambiamento.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] E. Krausmann, F. Mushtaq, *Natural Hazards*, 2008, **46**(2), 179.
- [2] E. Krausmann, A.M. Cruz, *Natural Hazards*, 2013, **67**(2), 811.
- [3] U.S. Chemical Safety Board, Investigation Report: Arkema Inc. Final Investigation Report, 2018.
- [4] D. Shao, X. Yang *et al.*, *Natural Hazards*, 2017, **87**(1), 171.