

SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE CIVILI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

a cura di
Ing. Gianni Petrangeli



Introduzione

Mentre esistono procedure speciali per la garanzia di Sicurezza di impianti nucleari ed impianti industriali (prevalentemente chimici), non esiste nulla del genere per costruzioni civili

con rischi di incidente rilevante. La differenza fra i due casi è che nel secondo ci si affida solo alle norme tecniche (Eurocodici compresi) e nel primo, oltre alle norme tecniche (ASME, ACI ecc.), si è istituita una “super-

procedura di studio e controllo” basata su entità quali, tra l’altro, il Rapporto di Sicurezza che studia, nonostante il rispetto delle norme, i possibili incidenti alla costruzione fino ai più improbabili; in base a questa “su-

SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE CIVILI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

a cura di
Ing. Gianni Petrangeli

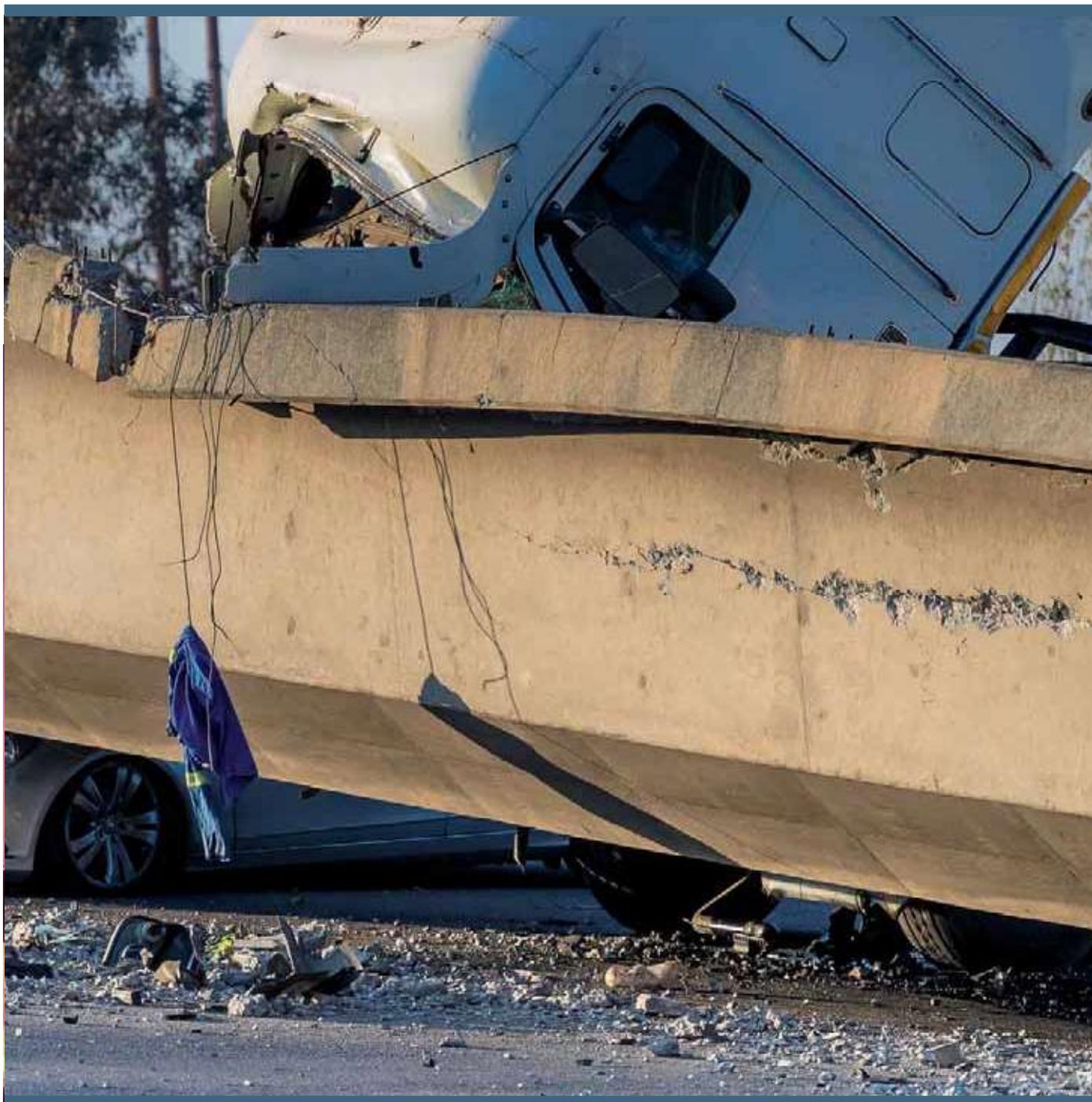


Introduzione

Mentre esistono procedure speciali per la garanzia di Sicurezza di impianti nucleari ed impianti industriali (prevalentemente chimici), non esiste nulla del genere per costruzioni civili

con rischi di incidente rilevante. La differenza fra i due casi è che nel secondo ci si affida solo alle norme tecniche (Eurocodici compresi) e nel primo, oltre alle norme tecniche (ASME, ACI ecc.), si è istituita una “super-

procedura di studio e controllo” basata su entità quali, tra l’altro, il Rapporto di Sicurezza che studia, nonostante il rispetto delle norme, i possibili incidenti alla costruzione fino ai più improbabili; in base a questa “su-

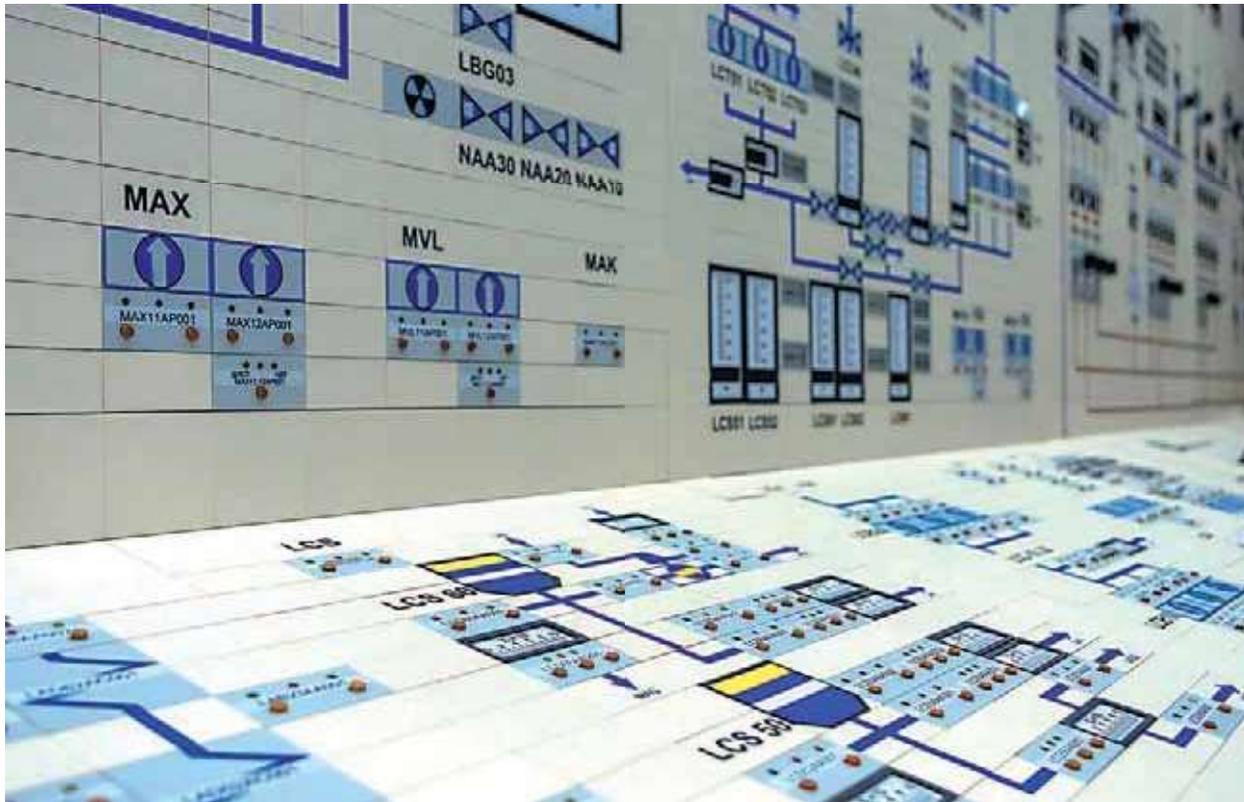


peranalisi” si impostano i programmi di controllo ed ispezione in esercizio, le procedure di gestione di un incidente, anche severo, ed il piano di emergenza esterno; il tutto sotto il controllo di un Ente indipendente

(anche parte di un Ente più vasto), competente ed autorevole oltreché esclusivamente dedicato alla sicurezza (se un Ente ha molti compiti, difficilmente li può assolvere tutti ugualmente bene e la sicurezza ha una vo-

cazione naturale, anche psicologica, al “sacrificio”, per motivi vari, noti e riscontrabili).

Domanda: non sarebbe il caso di istituire una procedura e strutture simili per opere civili a rischio di grave incidente (viadot-



ti, trafori con criticità, bacini montani, dighe, porti, ad es. per incidenti come quello di urto nave su torre di vigilanza nel porto di Genova, ecc.). Ovviamente, l'atteggiamento da tenere in questo tentativo dovrebbe essere improntato a "scambio interdisciplinare" di esperienze ed il contributo offerto dalla pratica e dall'esperienza nucleare dovrebbe essere ben inquadrato e filtrato dall'esperienza e dalla pratica strutturistica civile.

Nel caso italiano si potrebbe creare una "rete" per i controlli che includa enti e competenze esistenti, senza necessità della creazione di un nuovo Ente (salvo l'attribuzione di gestione del sistema ad uno degli Enti sopra elencati); gli Enti che potrebbero fornire competenze e lavoro sono, ad esempio: ISPRA, ENEA, CNR, VVFF, INGV, Con-

siglio Sup. Lav. Pubblici e relative Commissioni, Protezione Civile, ecc. L'alternativa è che la funzione di coordinamento del sistema sia affidata ad un piccolo Ente di eccellenza. Ciò che sembra necessario è un insieme di esperti con un elemento di controllo autorevole, competente, indipendente ed esclusivamente dedicato (basta, credo, uno degli Enti esistenti o un piccolo nuovo Ente di circa 20 tecnici dedicati e determinati). Ricordiamo quanto ha potuto fare su certi impianti nucleari il tipico gruppo di esperti internazionali AIEA (con obiettivo lo studio mirato di un impianto o di un suo problema di dettaglio, su richiesta del titolare dell'impianto), che non è di enorme consistenza ma fatto di veri esperti e "fermi, cioè non timidi" tecnici. Una azione è stata iniziata tra-

mite l'Ordine degli Ingegneri di Roma, auspicabilmente con una azione di collegamento con altre Commissioni oltre a quella nucleare.

Si ricorda, come considerazione di atmosfera ambientale per questo verso favorevole, che l'AEC americana nacque dopo e sull'onda delle bombe in Giappone, l'organizzazione per i Major Hazards in Gran Bretagna dopo l'incidente di Flixborough e la Direttiva U.E. Seveso dopo l'incidente di Seveso. Non escludo che col tempo, sulle opere civili a rischio di incidente rilevante si pronunci la CEE con una Direttiva che metterà forzatamente tutti d'accordo, come è stato con la "Seveso".

Come il passaggio da sicurezza da normativa ordinaria a "super sicurezza" con elementi del nucleare è stato riconosciuto

utile per gli impianti industriali (chimici), così ho fiducia che un tale passaggio sarebbe utile per le opere civili a rischio di incidente grave. Si può procedere per gradi in tal senso, prima includendo le opere chiaramente eccezionali e poi, negli anni estendendo la applicazione ad altre opere. Attenzione particolare va posta agli insidiosissimi agenti atmosferici alla fatica ed agli altrettanto insidiosi cedimenti del terreno (che, credo, anch'essi andrebbero telesorvegliati continuamente con tecniche laser scanner o radar). Parimenti si dica di bacini montani a rischio frana costiera o sommersa.

I passi (documenti) che sembrano necessari per la "supersicurezza" sono descritti e commentati in alcune delle sezioni seguenti.

Rispetto al tempo passato, nella procedura di progettazione civile segnaliamo due trasformazioni che hanno interessato gli ultimi decenni.

- Le Norme comunitarie, ed in Italia le NTC, sono molto più dettagliate nel descrivere le *performances* delle opere, vita utile, coefficienti di importanza, classi di servizio, modello geologico... I requisiti sui particolari costruttivi, e le verifiche sugli sforzi e deformazioni, sono in conseguenza molteplici, (spesso senza sia stata posta in evidenza la loro necessità in termini strutturali).
- È in commercio una molteplicità di programmi di calcolo (con una base comune in termini di calcolo dello stato di sforzo, per lo più derivata da SAP). In output

svolgono in modo automatico le verifiche di sforzo e deformazione di cui sopra, e riportano come esito le percentuali di rispetto/non-rispetto delle verifiche. In una simile procedura, il progettista si attiene alle percentuali. Se l'attenzione al rispetto della Norma prevale sullo studio del comportamento fisico della struttura, non si esamina la rilevanza del rispetto della particolare verifica in termini strutturali.

Raramente la Norma è insufficiente ed occorrono approfondimenti. Succede ad esempio, quando la struttura è inusuale per geometria o materiali, (vedasi Polcèvera), quando l'importanza dell'opera è strategica, (vedasi Galleria del Monte Bianco), o per la vetustà dell'opera, (chiesa di San Giuseppe a



Roma), o quando il modello geologico è complesso (Brasimone). È il momento nel quale l'approfondimento potrebbe portare al ricorso alla Rete.

In questi casi è di importanza strategica l'intervento dell'Ente indipendente, competente ed autorevole. Il problema è lo "screening" necessario per attivare la Commissione auspicata. Lo "screening" non può essere a campione, e deve comprendere opere recenti ed opere in esercizio.

Nel seguito saranno espresse alcune considerazioni circa i documenti (attività) e le azioni intese ad esportare parte dell'esperienza fatta con gli impianti nucleari alle infrastrutture civili, similmente a quanto fatto da anni per gli impianti industriali a rischio di incidente rilevante.

Per semplicità di esemplificazione, le infrastrutture qui prese in considerazione sono i ponti e viadotti ed i trafori stradali e ferroviari.

Nel seguito si farà riferimento, per ampliamenti di informazione, ai testi elencati in BIBLIOGRAFIA ed in particolare a SN2003.

Costo della Sicurezza

È bene premettere che ogni incremento della sicurezza che non comporti un cambio drastico dell'opera (intendo, ad esempio, sostituzione di una strada sopraelevata ad un viadotto prima della realizzazione), comporta un maggior costo. Sulla base dell'esperienza nucleare, comunque, tale costo è generalmente contenuto in alcuni "percento" del costo iniziale. Bisogna inoltre notare che la sicurezza degli impianti nucleari, con il passare dei decenni, ha subito continui "incrementi" (cioè aumenti di requisiti per gli



impianti), senza che venissero apportati significativi "sfortimenti" di vecchi criteri rivelatisi inefficaci (ma costosi). Ciò si deve attribuire alla riluttanza, in molti Paesi, alla semplificazione di

vecchi modi di fare per timore di suscitare le proteste degli operatori che quei modi di fare (criteri) avevano dovuto applicare in passato. La trasposizione di parte della

Figura 1: Genova





Figura 2: Ponte Sublicio di C. Le Brun (per associazione di idee ed auspicio)



sicurezza di tipo nucleare alle infrastrutture civili consente questo “sfortimento”, per cui ne dovrebbe risultare un insieme di requisiti più efficace e proporzionalmente meno costoso. A tale risultato porta anche la relativa maggiore semplicità (ridotto numero di componenti da proteggere) di una infrastruttura civile rispetto ad un impianto nucleare o industriale.

Figura 3: Monte Bianco



Rapporto di Sicurezza (RS)

Tale rapporto (nel "nucleare") è composto essenzialmente di una descrizione esauriente ma non dettagliata (ad es. disegni di insieme e dati numerici principali dei vari sistemi) dell'impianto con tutti i suoi sistemi e di una analisi dei possibili incidenti (divisi in incidenti di progetto ed incidenti severi). Esempio tipico di un incidente di progetto in un impianto nucleare è la rottura completa di una qualsiasi tubazione dell'impianto. Le conseguenze di tale incidente sono normalmente limitate dalla presenza di appositi sistemi di raffreddamento di emergenza del nocciolo del reattore. Sempre per esempio, è invece esclusa la rottura del recipiente in pressione del reattore (componente unico e specialmente vigilato durante l'esercizio). Al-

cune "esclusioni" sostenute da provvedimenti speciali di progetto e vigilanza dovrebbero essere concordate anche per le infrastrutture civili di cui si tratta in questo articolo.

Esempio di un incidente **severo** è la rottura di una tubazione dell'impianto con mancanza totale di alimentazione elettrica dei sistemi di sicurezza (raffreddamento del nocciolo) normali e di emergenza.

La scelta degli incidenti da considerare è basata sul buon giudizio tecnico e sulla prudenza degli ingegneri a ciò dedicati, sulle valutazioni di rischio (entità numericamente espressa dal prodotto di probabilità dell'evento per l'entità delle conseguenze) e sull'esperienza operativa (nel "nucleare" sono più di 400 gli impianti in esercizio nel mondo). Il complesso di

questi contributi è diventato prassi universalmente accettata e si è riversato nei criteri di sicurezza esistenti (SN2003, pag.306).

Progetti particolareggiati

Nella legislazione italiana sulla sicurezza nucleare che è particolarmente dettagliata in confronto a quella di altri Paesi (ove si procede in modo diverso ma con simile efficacia), la costruzione delle varie parti dell'impianto importanti per la sicurezza deve essere preceduta dall'approvazione da parte dell'Ente di Controllo dei relativi progetti particolareggiati (compresi disegni esecutivi e calcoli di progetto). L'elenco dei progetti particolareggiati da presentare è stabilito all'inizio della costruzione sulla base di un progetto di insieme dell'implan-



to, che è un po' più dettagliato della descrizione del progetto inclusa nel Rapporto Preliminare di Sicurezza. Normalmente, i progetti particolareggiati che devono essere approvati prima della costruzione sono alcune decine. Alcuni sistemi di cui è necessaria l'approvazione del progetto particolareggiato sono, tipicamente (per un reattore ad acqua pressurizzata): l'edificio del reattore, l'edificio "Ausiliari" che contiene Sala Manovra del Reattore e della Turbina, il sistema di refrigerazione primario del reattore, i sistemi di alimentazione elettrica e di controllo dell'impianto, i sistemi di alimentazione d'acqua normali e di emergenza dei generatori di vapore, ecc.

Pensando ad una trasposizione della procedura nucleare al caso di una infrastruttura civile, ci si aspetta che i progetti da approvare siano in numero limitato rispetto al caso dell'impianto nucleare: si tratterà della struttura principale dell'opera e di alcuni sistemi fluidodinamici o elettrici/elettronici di supporto e vigilanza: se presenti, ad esempio, sistemi di tubazioni gas o altro che si appoggino alla infrastruttura principale, sistemi elettrici di illuminazione e alimentazione di apparecchiature (ventilazione, se presente, ecc.), sistemi di telecontrollo dell'opera.

Prescrizioni tecniche di esercizio

Questo documento è composto, sempre per un impianto nucleare, di due parti, la prima riguarda i limiti di esercizio da non superare per l'impianto ed i suoi sistemi; la seconda elenca le ispezioni e prove periodiche da eseguire e la loro periodicità. Tale schema è esportabile alle infrastrutture civili.

Manuale di emergenza e gestione incidenti severi

Il nome stesso descrive il contenuto "esportabile" del documento.

Piano di emergenza esterna

Anche qui il contenuto esportabile è chiaro. Il Piano di Emergenza è preparato da un Comitato Provinciale per le emergenze nucleari composto da tutti gli Enti interessati ad una emergenza (ad es. Vigili del Fuoco, addetti alle telecomunicazioni, ecc.) e viene aggiornato periodicamente e periodicamente messo alla prova con situazioni di incidente simulate.

Altri "pilastri" della Sicurezza Nucleare: Garanzia della Qualità, Difesa in Profondità e Cultura di Sicurezza

- Garanzia della Qualità [SN2003, pag. 130]

La definizione ufficiale della Garanzia della Qualità, non esclusiva degli impianti nucleari e comunemente adottata nel campo, ad esempio, delle costruzioni aeronautiche ed in molti altri campi è la seguente: "Tutte le azioni pianificate e sistematiche necessarie a fornire un'adeguata assicurazione che un oggetto o un servizio soddisferanno requisiti di qualità dati". La Garanzia della Qualità si esplica mediante la definizione e l'esecuzione del Programma di Garanzia della Qualità [PGQ].

Una lista praticamente completa di aspetti che devono essere inclusi in un PGQ è abbastanza lunga (SN2003, pag. 130): procedure, istruzioni e disegni necessari; esame periodico da parte del "management"; orga-

nizzazione; responsabilità, autorità e comunicazioni; interfacce organizzative, ecc.

Tuttavia, in breve, gli elementi essenziali che devono essere applicati in un PGQ (il che potrebbe valere anche per infrastrutture civili) sono:

- Verifiche indipendenti da parte di un professionista diverso dal responsabile di disegni e calcoli dell'opera (il che aumenta il tempo dedicato di circa il 10%).
- Tenuta di un Archivio completo di documenti di progettazione, esecuzione ed esercizio.
- Piano di controlli di GQ su ogni fase della realizzazione.

- Difesa in Profondità

La Difesa in Profondità (DIP) nella sicurezza nucleare consiste nel prevedere una molteplicità di protezioni indipendenti contro il prodursi di incidenti ed il loro aggravarsi in modo che, dovesse una di esse fallire, ne è presente almeno un'altra il cui funzionamento è indipendente dal fallimento della prima.

In un impianto nucleare si distinguono cinque livelli di difesa:

- 1- Prevenzione di funzionamenti anormali e di guasti
- 2- Controllo del funzionamento anormale e rivelazione dei guasti
- 3- Controllo degli incidenti compresi nella base di progetto
- 4- Controllo delle condizioni di incidente severo dell'impianto, inclusa la prevenzione del progredire dell'incidente e la mitigazione delle conseguenze
- 5- Mitigazione delle conseguenze radiologiche di rilasci significativi di prodotti radioattivi



Risulta chiaro come la DIP si debba basare su requisiti di dettaglio che sono esposti e trovano applicazione nei documenti sopra descritti:

Rapporto di Sicurezza, Prescrizioni tecniche, Istruzioni per le emergenze e gestione degli incidenti severi, Piano di emergenza esterno

- Cultura di Sicurezza

La Cultura di Sicurezza, nel campo dell'energia nucleare, è definita come quell'insieme di convinzioni, di conoscenze e di comportamenti per cui la sicurezza viene posta al massimo livello nella scala dei valori in ogni attività riguardante l'impiego dell'energia nucleare. L'accento sulla importanza di diffondere una solida Cultura di Sicurezza in tutte le organizzazioni ed attività coinvolte in un'opera, venne come conseguenza dello sforzo di definire le lezioni da imparare dopo

l'incidente di Three Mile Island. Tale principio dovrebbe essere recepito e applicato anche nel campo delle infrastrutture civili ed esteso a tutti i livelli di responsabilità.

Protezione delle infrastrutture da eventi esterni, naturali e non naturali

È un argomento spinoso, se si pensa di trasportare alle infrastrutture civili tutta la prassi seguita per impianti nucleari. In particolare, nel secondo caso si ricorre, per azioni violente di urto, a edifici di sufficiente spessore e resistenza tali da poter resistere alle azioni esterne (oggetti trasportati da trombe d'aria, caduta di aereo). La prassi nucleare, almeno per i viadotti, non sembra quindi totalmente applicabile alle infrastrutture all'aperto.

È ragionevole che in tale materia sia necessario fare l'ipotesi che l'azione esterna sulle infra-

strutture civili non provochi danni superiori a quelli cui si sarebbe esposti viaggiando in autostrada, nelle ipotesi peggiori di azione violenta esterna.

Ciò premesso, si possono fare le seguenti considerazioni.

- Terremoti

Ad una prima ricognizione, mi sembra che le norme attuali applicabili alle infrastrutture (Eurocodici compresi) siano di livello e completezza in generale accettabili a fronte di quanto adottato per impianti nucleari (SN2003, pag.208). Sono comunque da approfondire alcuni aspetti quali la liquefazione del terreno saturo in caso di sisma, possibile ed osservata anche in Italia.

- Trombe d'aria

Le trombe d'aria sono un fenomeno considerato per gli impianti nucleari, ma non altrettanto sistematicamente per le

infrastrutture. Penso che questa possibile sollecitazione esterna (che ci si può attendere in qualsiasi località in Italia), debba essere inclusa fra gli incidenti possibili. Dopo uno studio esauriente degli eventi storici italiani e con un occhio anche alla ben fondata pratica americana, nel campo nucleare si decise negli anni 1970 di adottare un unico insieme di dati di progetto per tutto il territorio nazionale (SN2003, pag.289). Tale approccio è quello adottato anche in altri Paesi (in U.S.A., ad esempio, si adotta un unico evento di tromba d'aria, di entità però più alta di quello italiano, in tutti i siti ad Est delle Montagne Rocciose). I dati dell'evento scelto per l'Italia sono riportati nel seguito per esteso, al fine di evitare la necessità

di consultare il riferimento bibliografico su questo tema relativamente poco noto:

- Velocità di traslazione
24 m/s (86,4 km/h)
- Velocità massima di rotazione
73,5 m/s (264,7 km/h)
- Velocità massima risultante
97,5 (351 km/h)
- Pressione teorica massima
600 kg/m²
- Depressione massima 700 kg/m²
- Missile 1: Automobile di 1000 kg
Velocità di impatto = 1/6 della velocità di rotazione (12,5 m/s), quota di impatto = 7 m, area d' impatto = 2,1 m²
- Missile 2: Tubo di acciaio Φ = 3", lungo 3 m e pesante 35 kg
Velocità di impatto = 1/3 del-

la velocità di rotazione (=24,5 m/s), impatto dell'estremità del tubo e perpendicolarmente alla superficie, quota di impatto qualsiasi

- Missile 3: Trave di legno 0,1 m x 0,3 m x 3,6 m, del peso di 50 kg
Velocità di impatto uguale alla velocità di rotazione (73,5 m/s), quota di impatto qualsiasi, area di impatto 3,6 m x 0,3 m

- Caduta di aereo

Questa azione esterna, adottata negli impianti nucleari (SN2003, pag.294) dovrebbe poter essere sopportata da un'infrastruttura civile con danni alle persone non superiori a quelli concepibili per un evento del genere che avvenga su un'autostrada a traffico intenso,



fuori da una particolare infrastruttura (tipicamente: viadotto). Non si può, quindi, richiedere, sembra, che l'evento non porti danni e crolli parziali della infrastruttura.

L'evento di riferimento descritto in SN2003 è aumentato, per gli impianti nucleari, negli ultimi anni a seguito di eventi real-

mente accaduti (come l'impatto aereo sulle Torri Gemelle di New York e sul Pentagono, 2001) e si arriva a richiedere ora la resistenza dell'impianto all'urto di un grosso aereo di linea (Preliminary evaluation... Dec. 2011; Common sense considerations...2013). Considerazione dovrebbe forse

essere data all'urto di un piccolo aereo da turismo, come avvenne anni fa sul grattacielo Pirelli di Milano.

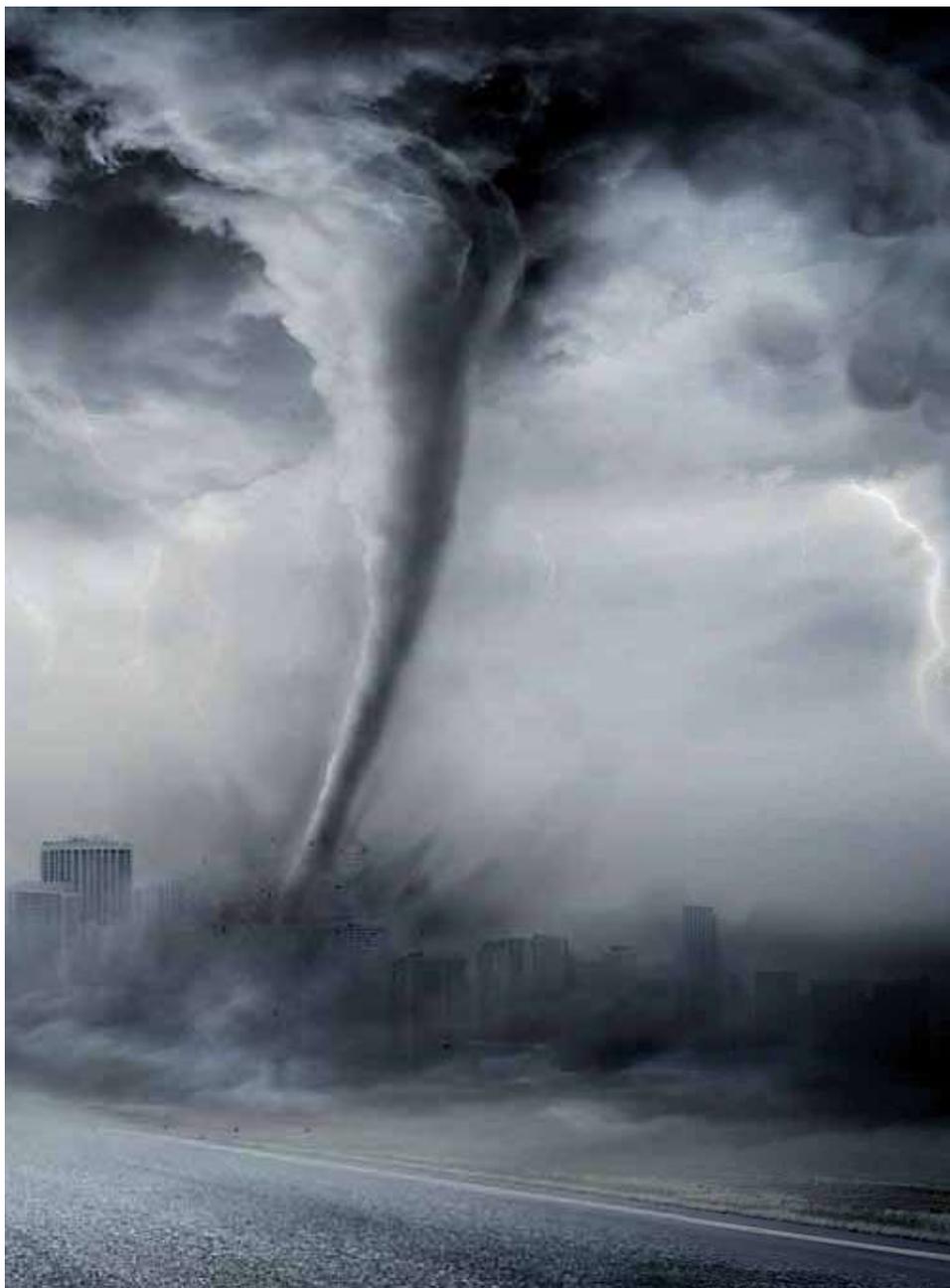
- Incendio o esplosione di un mezzo di trasporto in galleria o su viadotto

Lo studio di incidenti possibili e la limitazione al livello accetta-



bile delle loro conseguenze dovrebbe seguire il metodo nucleare sopra descritto in generale per incidenti severi. Quanto fatto per il traforo del Monte Bianco dopo l'incendio del 1999 sembra un buon riferimento (cfr. web per "Eurotest tunnel monte bianco"), se non si dimentica il caso di viaggiato-

ri disabili e con ridotte capacità di movimento. Anche incidenti del tipo di quello recente di Bologna (Incendio ed esplosione di GPL, Agosto 2018) dovrebbero, ad esempio, essere tenuti presenti fra gli incidenti di progetto o severi per i viadotti ed i trafori.



Benefici ottenuti dall'applicazione della Sicurezza Nucleare ai relativi impianti

Il fatto di considerare la possibilità che si verifichino incidenti nonostante il buon progetto (applicazione delle buone norme di progettazione e costruzione, come Eurocodici, ecc.) ha introdotto negli impianti sistemi dedicati alla sicurezza in caso di incidente che, in questi circa sessanta anni di storia del Nucleare nel mondo, hanno limitato le conseguenze esterne di incidenti gravi. Un esempio per tutti può illustrare questa affermazione.

Fin dall'inizio dell'uso pacifico dell'energia nucleare fu prescritto che la parte contenente il reattore e sistemi ausiliari con significativo contenuto (permanente o accidentale) di prodotti radioattivi di ogni impianto fosse collocata in un contenitore stagno alla pressione generata da ogni incidente di progetto. Questo provvedimento impedì che l'incidente di Three Mile Island 2 facesse vittime all'esterno e all'interno dell'impianto (SN2003, pag. 613 e seg.). Al contrario, nell'incidente di Chernobyl (SN2003, pag.407) si ebbe un forte rilascio di prodotti radioattivi, tale da inibire all'uso per almeno molti decenni circa 4000 km² (cerchio di raggio circa 35 km) di terreno attorno all'impianto. L'impianto di Chernobyl non aveva un sistema di contenimento stagno per la pressione di rottura di tubazioni.

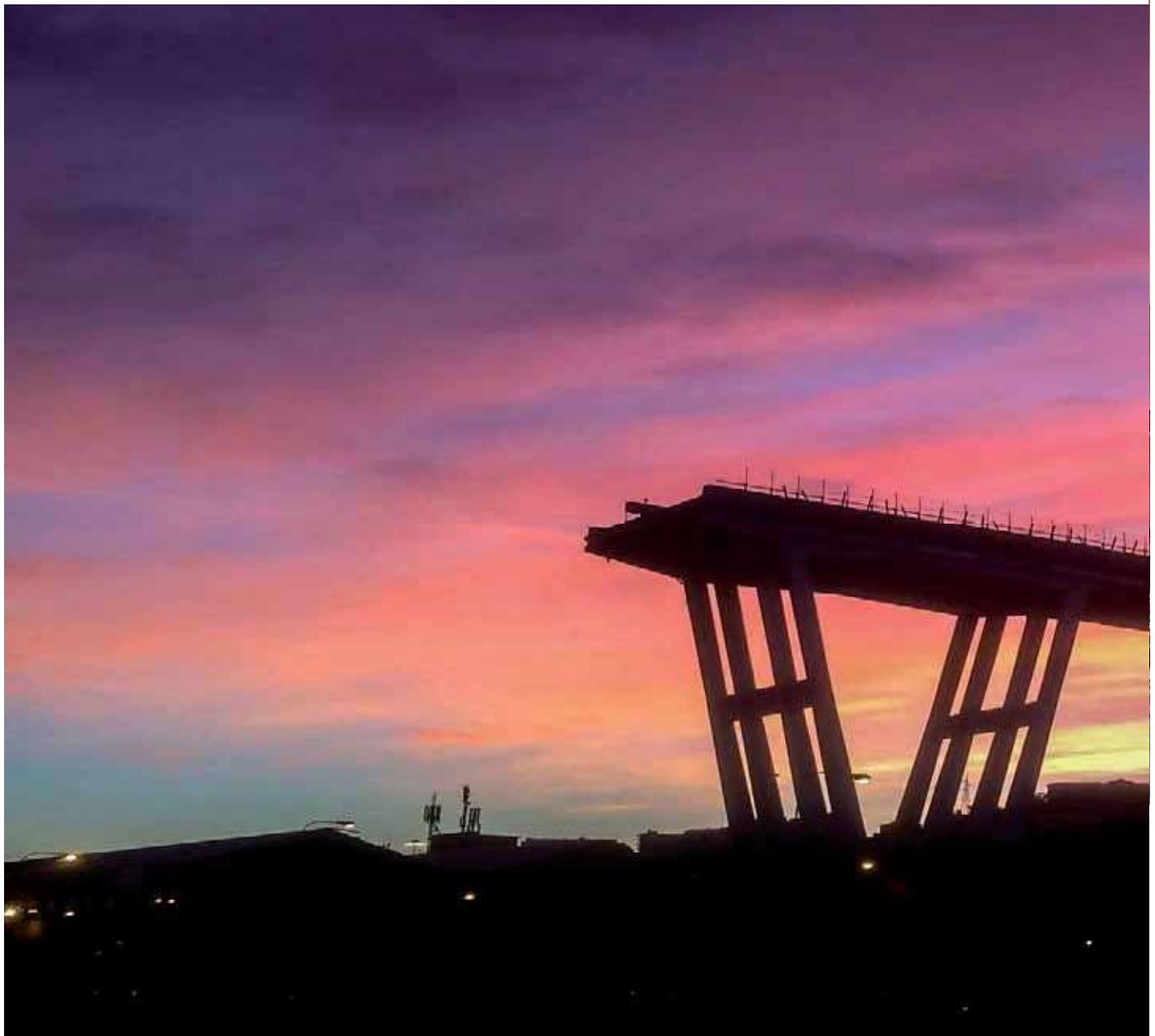
Per protezioni usuali diverse dal contenimento stagno, nel caso dell'impianto di Fukushima i normali fattori di sicurezza da adottare per le protezioni (in questo caso barriere murarie

contro le inondazioni e collocazione elevata di sistemi essenziali) non erano stati adottati per tutti i reattori (6) presenti sullo stesso sito: quattro di essi dettero luogo ad un incidente di fusione del nocciolo praticamente non contenuto ed ad una zona di interdizione di attività di estensione e durata simili a quelle di Chernobyl.

Previsione di opere alternative per consentire le manutenzioni alla infrastruttura

Nel caso di un impianto nucleare, una delle condizioni da rispettare è che la sua disponibilità possa essere interrotta per consentire l'esecuzione di imprevisti interventi di sicurezza. Ciò comporta la presenza nella rete di centrali elettriche sostitutive.

Questa regola generale è adottata per evitare ritardi di intervento motivati dalla necessità di continuare comunque l'esercizio dell'impianto (purtroppo, una delle concause dell'incidente di Chernobyl fu proprio il mancato rispetto di questa regola). Nel campo delle infrastrutture civili, questo principio potrebbe essere recepito prevedendo nel progetto la disponibilità di opere alternati-



ve che assicurino un servizio, eventualmente più lento, in caso di necessità di intervento sull'opera principale. Questa non è un'idea nuova nel campo delle infrastrutture e, in particolare, è ora oggetto di vivace discussione e studi applicativi per il Traforo del Monte Bianco (secondo tunnel per evitare chiusure richieste dai lavori di manutenzione periodica o straordinaria?).

Bibliografia

- SN2003, Sicurezza Nucleare, Gianni Petrangeli, ETS Pisa 2003 (anche come Nuclear Safety, prima edizione, Elsevier 2006, seconda edizione in corso di stampa)
- Preliminary evaluation of aircraft impact on a near term nuclear power plant, Lo Frano - Forasassi, Nuclear Engineering and Design 241 (12), December 2011
- Common sense considerations on nuclear safety today, Gianni Petrangeli, Atoms for Peace, Vol.3, No 4, 2013

Ringraziamento

Si ringrazia vivamente il Prof. Alberto Castellani in particolare per il suo contributo sulle norme (Norme comunitarie e NTC) e gli strutturisti e sistemisti della Commissione nucleare, in particolare l'Ing. Alberto Taglioni e l'Ing. Giovanni Bava, dell'Ordine degli ingegneri di Roma per vari miglioramenti che sono stati recepiti nel testo.

