



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



# Metodologie di analisi investigativa sugli incidenti ad impianti industriali e ad infrastrutture civili

Relatore: Ing. Diomede Malvaso  
RINA CONSULTING SPA - Engineering  
solutions – EOGRR Manager

CICLO DI CONVEGNI  
IN MODALITÀ ON LINE  
MODULO 2 - Lunedì 22 aprile 2024,  
ore 15.00 - 18.00

**Premessa**

**Presentazione RINA**

**(già Registro Italiano Navale ed Aeronautico)**



Rina è una realtà italiana di interesse strategico che opera nel settore della ingegneria italiana ed internazionale dal 1861.

Segue breve presentazione istituzionale (10 min. circa)

# Presentazione relatore



**Ing. Diomede Malvaso Manager della Unità Operativa – Energy -Engineering Solutions-HSE Regulatory Compliance  
RINA CONSULTING SPA - Rozzano Via Gran San Bernardo Palazzo R**

- **Ingegnere esperto membro comitato tecnico CEI CT64 Impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione**
- **Ingegnere esperto membro comitato tecnico CEI CT78 Lavori elettrici sotto tensione**
- **Già Consulente tecnico del tribunale di Torino**
- **ENI ITALIA Deleghe consulente INAIL/INPS/CIVA sicurezza impianti Dep. Comb. NORD-CENTRO-SUD**
- **Delega come consulente INAIL/INPS/CIVA sicurezza impianti Oleodotti Italiani di ENI**
- **Abilitazione INAIL consulente sicurezza impianti CIVA**
- **Ingegnere volontario della Protezione Civile campagna “FAST” nel 2017 terremoto Italia centrale**
- **Ingegnere esperto membro della 38° spedizione in Antartide nel 2022**
- **Brevetto BOSIET – OPITO per la sicurezza antincendio ed il primo soccorso off-shore**
- **Già Docente del politecnico di Torino (1998/2004 – Ing. Mecc. – Gestione del progetto – Titolare del corso)**
- **Membro di IPE 2016/19 (IPE - Ingegneri per l’Emergenza)**
- **Politecnico di Milano ingegneria meccanica 1984 - esame di stato abilitazione ingegnere Milano 1985.**
- **Professionista antincendio**
- **Ufficiale dei carabinieri in congedo**

# Premessa



**Questo convegno on line si propone di illustrare le basi metodologiche utilizzate nella pratica professionale, sperimentata negli ultimi decenni in Italia ed in Europa, per la redazione di un rapporto incidentale. Verranno illustrate tutte le fasi di analisi inclusi i sopralluoghi in campo, la revisione del progetto, la valutazione delle procedure operative e di manutenzione e quant'altro richiesto dalle condizioni contingenti. A seguito di un incidente ad impianto industriale o ad infrastruttura civile è richiesto di redigere un'analisi investigativa per determinarne le cause. Lo scopo primario del processo investigativo è identificare la sequenza degli eventi sulla base di determinati fatti e testimonianze, e raccogliere tutti gli elementi che potrebbero concorrere ad individuare i possibili fattori causali. Inoltre si procederà alla descrizione delle opportune misure di salvaguardia per prevenire il ripetersi dell'accaduto.**

# Introduzione al modulo 2



**Questo secondo convegno si dedicherà alla illustrazione di casi reali di investigazione su incidenti occorsi in diversi comparti industriali e civili con specifici riferimenti alle problematiche introdotte dalla transizione energetica.**

**Verranno inizialmente fatti degli approfondimenti sugli argomenti presentati nel modulo 1, che rimane il riferimento teorico di base riguardo alle metodologie di RCA e di FTA con richiami alle principali normative presenti in letteratura, quindi si tratteranno alcuni casi reali di incidenti nel settore energetico, dei trasporti ed industriale.**

**Come riferimento per definizioni e dettagli si suggerisce di scaricare anche le slides del modulo 1 che sono disponibili sul sito CNI.**

# Indice degli argomenti modulo 2



## MODULO 2

Lunedì 22 aprile 2024, ore 15.00 - 18.00

**Approfondimenti** sulla applicazione della metodologia di analisi investigativa dei incidenti.

- Cenni di richiamo alla metodologia RCA (Root Cause Analysis)
- Cenni di richiamo alla metodologia FTA (Failure Tree Analysis)
- Incidenti Na-Tech
- Riferimenti bibliografici e normativi

Nuova normativa legata alla transizione energetica

**CASI REALI** di investigazione incidenti per Casi Reali di incidenti per settori:

- 1) **Natech – Sisma Izmit Turchia 1999 (\*)**
- 2) **Incendio Piper Alfa**
- 3) **Crollo Ponte di Tacoma**
- 4) **Esplosione Serbatoio Raffineria (\*)**
- 5) **Rottura Cavidotto alta tensione (\*)**
- 6) **Cabina elettrica elettrocuzione (\*)**
- 7) **Pressa termoplastica rottura (\*)**



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# **Approfondimenti sulla applicazione della metodologia di analisi investigativa dei incidenti**

# Abbreviazioni ed acronimi

Nel testo possono essere presenti abbreviazioni ed acronimi come da tabella a fianco con testo in inglese

## ABBREVIATIONS AND ACRONYMS

<b>EPG</b>	Equipment Performance Gap
<b>FAC</b>	First Aid Case
<b>FAR</b>	Fatal Accident Rate
<b>FLPPG</b>	Front-Line Personnel Performance Gap
<b>HRI</b>	High Risk Incident
<b>H&amp;S</b>	Health & Safety
<b>HSE</b>	Health, Safety and Environment
<b>LTI</b>	Lost Time Injuries/Incidents
<b>LTIF</b>	Lost Time Injury Frequency
<b>LWDC</b>	Lost Workday Case
<b>LWD</b>	Lost Workdays
<b>MTC</b>	Medical Treatment Case
<b>O&amp;M</b>	Operation and Maintenance
<b>PTD</b>	Permanent Total Disability
<b>RCFA</b>	Root Cause Failure Analysis
<b>RWC</b>	Restricted Work Case
<b>RWD</b>	Restricted Workdays
<b>SMP</b>	Standard Maintenance Procedure
<b>SOP</b>	Standard Operating Procedure
<b>TRIR</b>	Total Recordable Injuries Rate

# Classificazione dell'incidente



Gli incidenti sono eventi o catene di eventi non pianificati o non controllati che hanno, o avrebbero potuto, provocare lesioni o malattie o danni al patrimonio, all'ambiente o alla reputazione.

Ogni incidente, anche quello con conseguenze minori, fornisce apprendimento, quindi la raccolta e l'analisi dei dati dagli incidenti è utile per evidenziare carenze e identificare misure di miglioramento della gestione della Salute e della Sicurezza.

Nelle sezioni seguenti vengono descritte le diverse categorie di eventi incidentali:

- Incidente con guasto o danneggiamento di apparecchiature/strutture
- Incidente con decadimento delle prestazioni attese degli impianti o delle strutture
- Incidente con INFORTUNIO

Importante distinguere tra evento e incidente e tra incidente ed infortunio.

# Incidente con violazione regolamentale



Un evento che comporta violazioni di prescrizioni regolamentali (Leggi o decreti o regolamenti) che può avere un potenziale impatto sulla sicurezza dei lavoratori, sull'ambiente, o sulle operatività funzionali dell'impianto o della infrastruttura.

Questo tipo di incidente, come il rischio di sversamenti, dovrebbe essere tempestivamente indagato e risolto.

# Quasi INCIDENTE



Il quasi incidente è un evento o una catena di eventi non pianificati o non controllati che non hanno provocato lesioni registrabili o danno patrimoniale o danno ambientale ma aveva il potenziale per farlo in altre circostanze;

o un evento indesiderato che in circostanze leggermente diverse avrebbe potuto provocare danni a persone, danni a cose, attrezzature o ambiente o perdite di funzionalità.

# Schema teorico ed operativo di investigazione

Lo scopo principale della investigazione successiva ad un incidente sta nella identificazione della causa di radice.

È bene evidenziare che l'Investigazione viene effettuata per ottenere un miglioramento dell'impianto e non con l'intento di identificare il colpevole dell'accaduto.

La metodologia prevede l'esecuzione di un'indagine iniziale per classificare e definire il problema seguita da una serie di studi di dettaglio articolati secondo le necessità ed il campo applicativo.

L'indagine sull'incidente consente di determinare quali fattori hanno contribuito all'incidente, mentre l'analisi della causa principale consente di scoprire le cause sottostanti o sistemiche, piuttosto che quelle generali o contingenti, di un incidente.

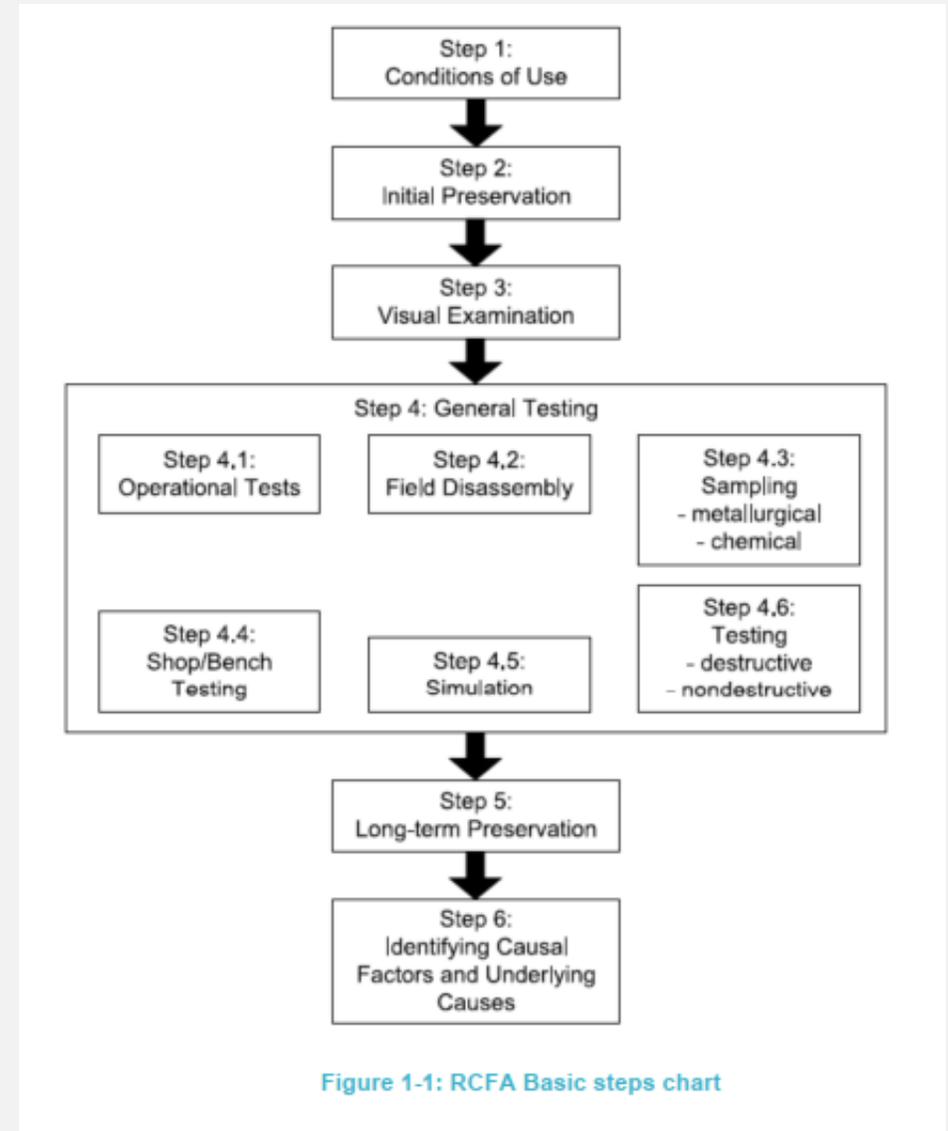


Figure 1-1: RCFA Basic steps chart



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# **Cenni di richiamo alla metodologia RCA (Root Cause Analysis)**

# PROCEDURA DI ANALISI DELLA CAUSA RADICE DEL GUASTO



## PROCEDURA DI ANALISI DELLA CAUSA RADICE DEL GUASTO

La Root Cause Failure Analysis è un processo complesso di indagine che permette di individuare una o più root cause di un guasto dell'apparecchiatura o del sistema e di utilizzare tali informazioni per delineare azioni correttive e/o preventive.

Il processo può essere riassunto in tre fasi principali:

1. **Fase di raccolta**, in cui viene definito il problema e vengono raccolti tutti i dati rilevanti;
2. **Fase di analisi**, in cui vengono identificate tutte le cause del problema;
3. **Fase di soluzione**, in cui vengono definite le misure correttive e/o preventive.

Una descrizione dettagliata dell'analisi della causa principale del guasto è fornita nelle sezioni seguenti. Il completo Lo schema della procedura RCFA è riportato nella seguente Figura 4-1.

# PROCEDURA DI ANALISI DELLA CAUSA RADICE DEL GUASTO – Schema RCFA

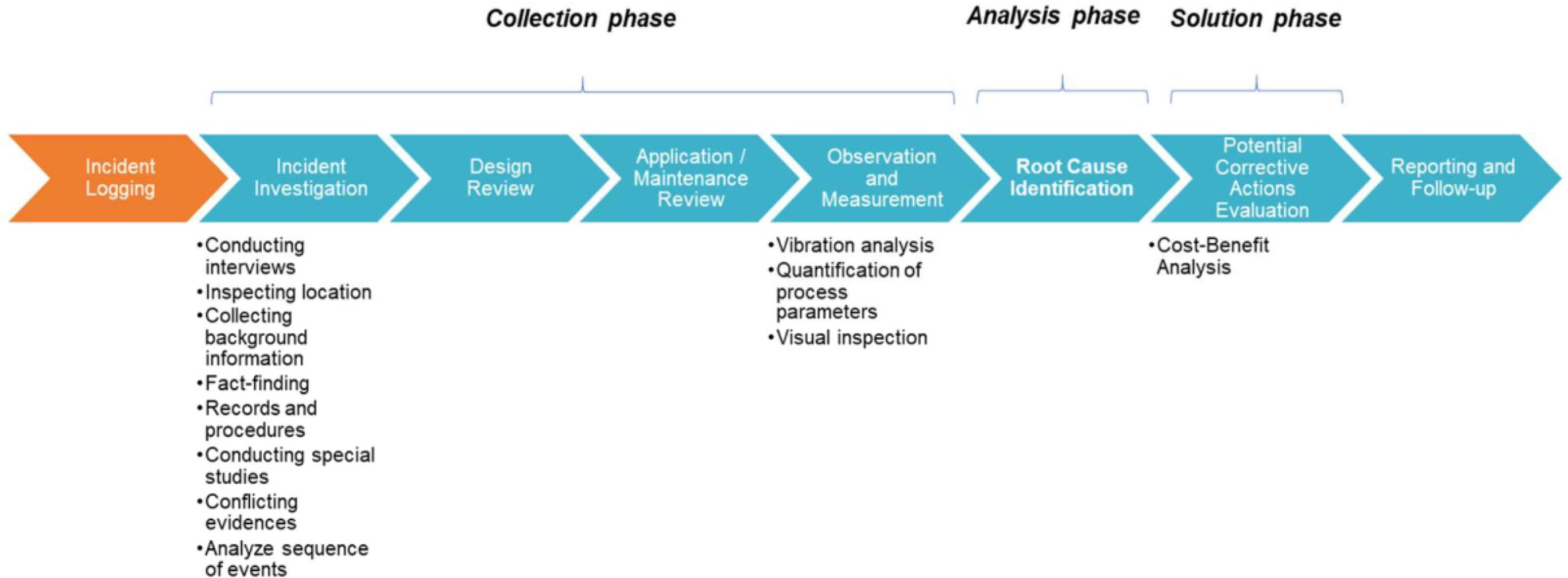


Figure 4-1: Root Cause Failure Analysis procedure

# Applicabilità



## APPLICABILITÀ

La Root Cause Failure Analysis è un processo investigativo approfondito con elevati costi associati, quindi sono necessarie accurate valutazioni per capire se tale metodo è adeguato al caso specifico da valutare.

Un'analisi completa dovrebbe essere considerata solo se l'evento può essere completamente classificato e definito attraverso l'iniziale fase di indagine e sembra che sia possibile trovare una soluzione economicamente vantaggiosa.

In genere, l'analisi non viene eseguita su problemi che risultano essere eventi casuali e non ricorrenti.

La tabella seguente consente di determinare il livello di indagine appropriato per l'evento avverso.

Nella valutazione qualitativa devono essere considerate le peggiori conseguenze potenziali dell'evento accidentale (ad es. il crollo dell'impalcatura potrebbe non aver causato lesioni ma se si ripete potrebbe causare lesioni gravi o mortali).

# Matrice del livello di approfondimento della investigazione



Probabilità di ripetizione	Peggior conseguenza potenziale di un evento avverso			
	Lieve	Seria	Grave	Fatale
Certa	BASSO	MEDIO	ALTO	ALTO
Probabile	BASSO	MEDIO	ALTO	ALTO
Possibile	BASSO	MEDIO	ALTO	ALTO
Improbabile	MINIMO	BASSO	MEDIO	ALTO
Rara	MINIMO	BASSO	MEDIO	ALTO

# Matrice del livello di approfondimento della investigazione



Livello di investigazione	<b>Descrizione</b>
<b>MINIMO</b>	Il supervisore competente esaminerà le circostanze dell'evento e cercherà di apprendere conoscenze che possano prevenire eventi futuri.
<b>BASSO</b>	Breve indagine da parte del supervisore o del manager di linea competente sulle circostanze e sulle cause immediate, sottostanti e di radice dell'evento avverso, per cercare di prevenire il ripetersi e per apprendere eventuali lezioni generali.
<b>MEDIO</b>	Comporterà un'indagine più dettagliata da parte del supervisore o del manager di linea pertinente, del consulente per la salute e la sicurezza e dei rappresentanti dei lavoratori e cercherà le cause immediate, sottostanti e di radice.
<b>ALTO</b>	Si costituisce un comitato di indagine, che coinvolgerà supervisori o manager di linea, consulenti per la salute e la sicurezza e rappresentanti dei lavoratori. Sarà condotta sotto la supervisione del senior management o dei direttori e cercherà le cause immediate, sottostanti e profonde, sarà attivata e approvata dal datore di lavoro.

# Ruoli e responsabilità – squadra investigativa



Il processo investigativo viene eseguito da una squadra investigativa multidisciplinare adeguatamente attrezzata con le conoscenze, l'esperienza e le competenze specialistiche adeguate necessarie, compreso il personale gestionale, legale, normativo e/o delle forze dell'ordine, se necessario.

La squadra investigativa è composta da:

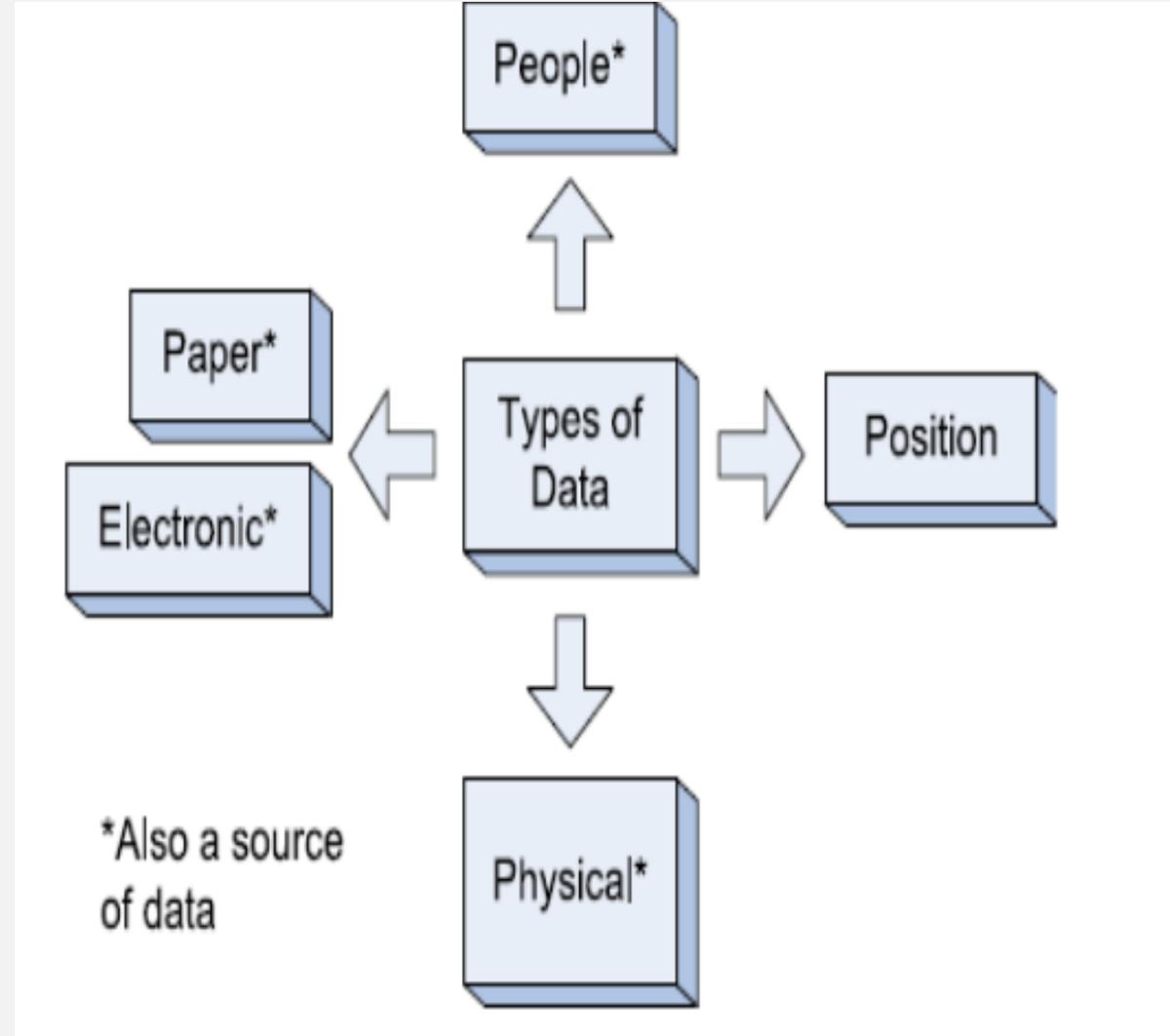
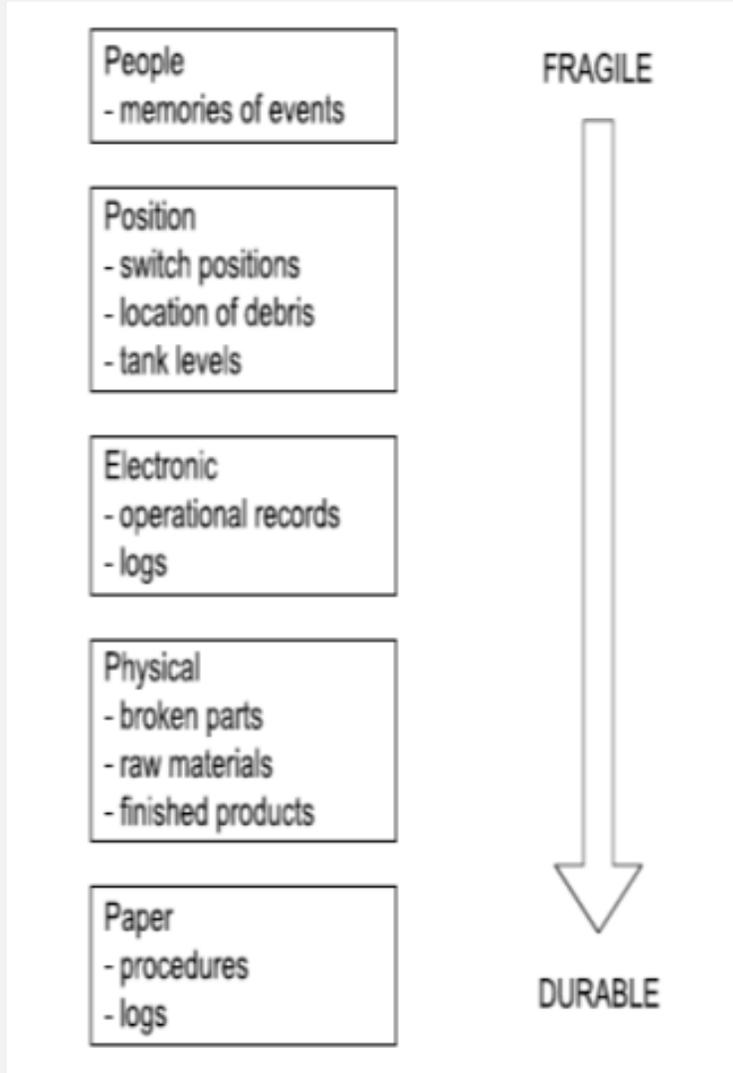
**Leader** del gruppo investigativo, il cui ruolo e responsabilità principali sono:

- Redigere un ambito dell'indagine e farlo approvare dalla direzione;
- Individuare i membri e la struttura della squadra investigativa, compresi gli specialisti interni/esterni;
- Valutare le informazioni disponibili, identificare le lacune informative e determinare come ottenere tali informazioni;
- Notificare a tutte le parti coinvolte nell'incidente che l'indagine inizierà, fornendo loro l'ambito dell'indagine approvato e collaborare con loro per garantire che le risorse necessarie siano disponibili per ospitare l'indagine;
- Coordinare una riunione iniziale con la squadra investigativa e le parti coinvolte nell'incidente;
- Gestire il processo di indagine.

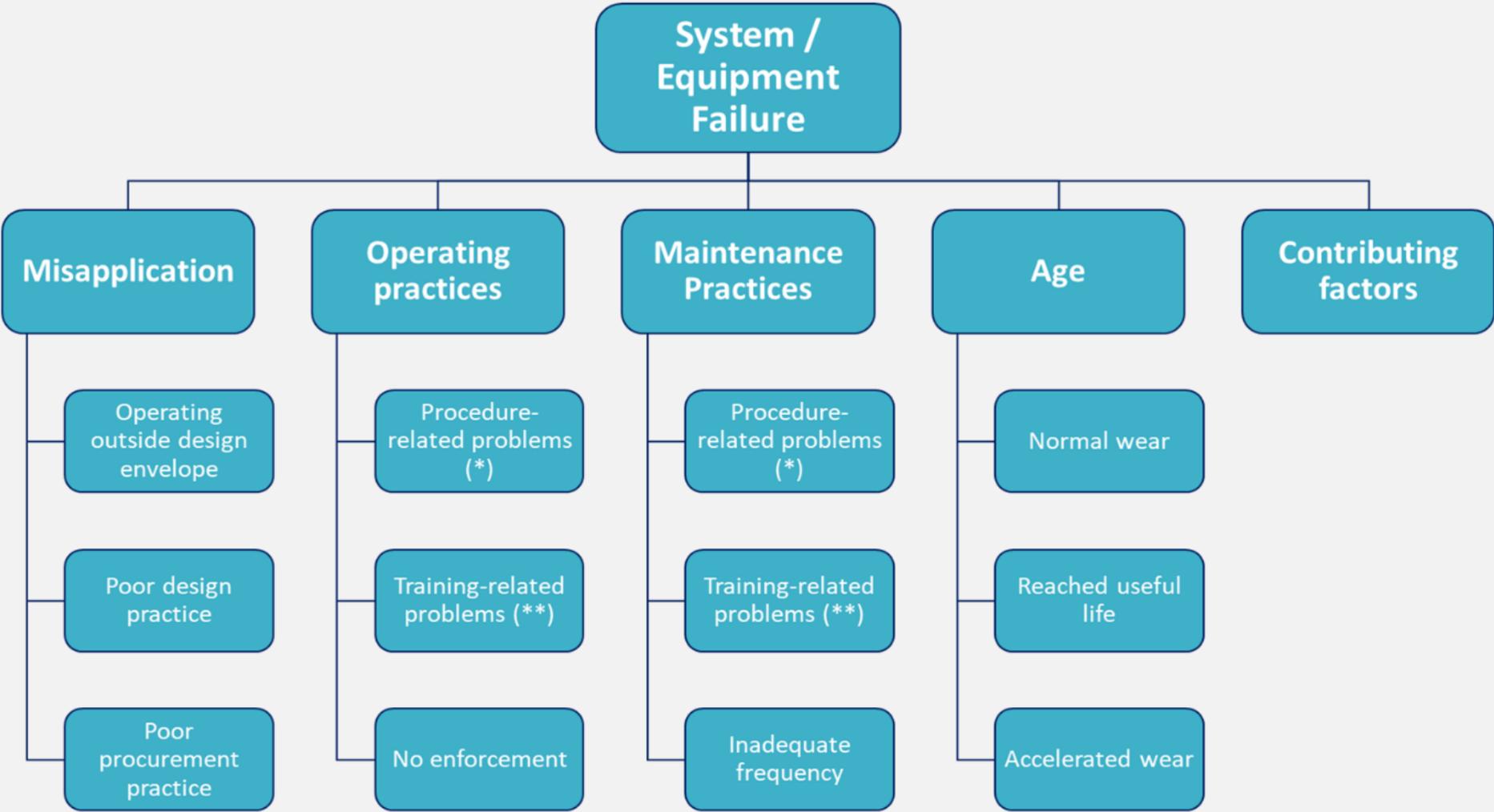
**Membri** del gruppo investigativo i cui ruoli e responsabilità principali sono:

- Raccolta dati e conferma delle informazioni - ad esempio da interviste con persone coinvolte/testimoni; visite al sito; documenti esaminati; fotografie; dettagli tecnici revisionati;
- Finalizzazione della tempistica (sequenza dei tempi) dell'incidente;
- Preparazione delle informazioni per le riunioni di analisi della causa principale.

# Tecniche di raccolta dei dati



# Cause comuni di guasto di impianti sistemi



# Fattori che contribuiscono ad un incidente



## Contributing factors

### Procedures \*

- › Not used
  - No procedures
  - Difficult to use
  - Not available
  - Use not enforced
- › Inadequate
  - Facts or methods wrong
  - Poor organization
  - Wrong revision used
  - Situation not covered
- › Followed incorrectly
  - Confusing format
  - Excessive references
  - Too technical

### Training \*\*

- › No training
  - Task not analyzed
  - Decided not to train
  - No learning objective
  - Training not enforced
- › Inadequate
  - No learning objective
  - No lesson plan
  - Poor instruction
  - No practical application
- › Not learned
  - Retention lacking
  - Too technical
  - Did not attend course
  - Mastery not verified

### Supervision

- › Preparation
  - No preparation
  - No work packages
  - Training-related problems (\*\*)
  - Inadequate scheduling
- › Selection of workers
  - Not qualified
  - Fatigued
  - Upset/personal problems
  - Substance abuse
  - Poor team selection
- › Supervision during work
  - No supervision
  - Poor crew teamwork
  - Too many other duties

### Communications

- › No communication
  - No method available
  - Late communication
  - Lack of report format
- › Turnover
  - No standard process
  - Turnover process not used
  - Inadequate turnover process
- › Misunderstanding
  - No standard terms
  - Repeat back not used
  - Long messages
  - Noisy environment

### Human engineering

- › Worker interface
  - Arrangement/Placement
  - Excessive lifting/twisting
  - Tools/Instruments
  - Controls/Displays
- › Work environment
  - Housekeeping
  - Ambient Environment
  - Cramped spaces
- › Complex system
  - Knowledge-based decision required
  - Monitoring to many parameters
  - Inadequate feedback

### Management system

- › Policies and procedures
  - No standards
  - No strict enough
  - Confusing or incomplete
  - Technical errors
- › Standard not used
  - No communication
  - Recently changed
  - No enforcement
  - No way to implement
  - No accountability
- › Employee relations
  - No audits/evaluations
  - Lack of audit depth
  - No employee communication
  - No employee feedback

### Quality Control

- › No inspection
  - No inspection required
  - No hold point
  - Hold point ignored
- › Inadequate QC
  - Poor instruction
  - Poor techniques
  - Training-related problems (\*\*)



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# **Cenni di richiamo alla metodologia FTA (Failure Tree Analysis)**

# Tecnica di Analisi dell'Albero dei Guasti (FTA).



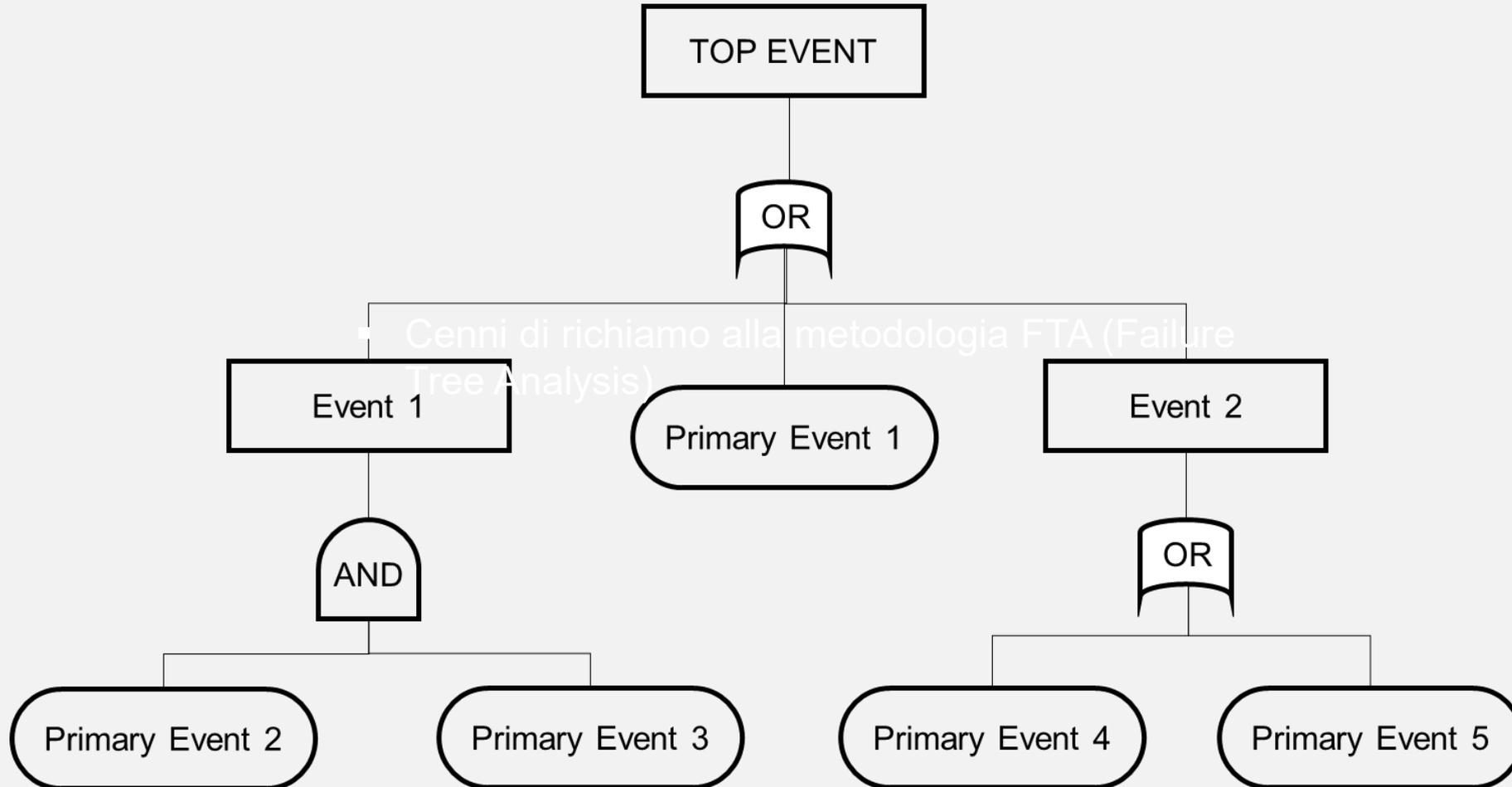
## Analisi dell'albero dei guasti

Questo metodo rappresenta graficamente la logica booleana associata ad un particolare guasto del sistema (Top Event) e ai guasti o cause di base (Primary Events).

La FTA aiuta a comprendere i fallimenti del sistema in modo deduttivo e sottolinea gli aspetti di un sistema che sono importanti rispetto al fallimento degli interessi.

La struttura di un albero dei guasti è mostrata nella Figura seguente.

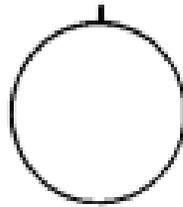
# Struttura dell'Albero dei Guasti (FTA).



# Causa di radice – simboli da FTA – (NUREG – USA)



## The Basic Event



The circle describes a basic initiating fault event that requires no further development. In other words, the circle signifies that the appropriate limit of resolution has been reached.

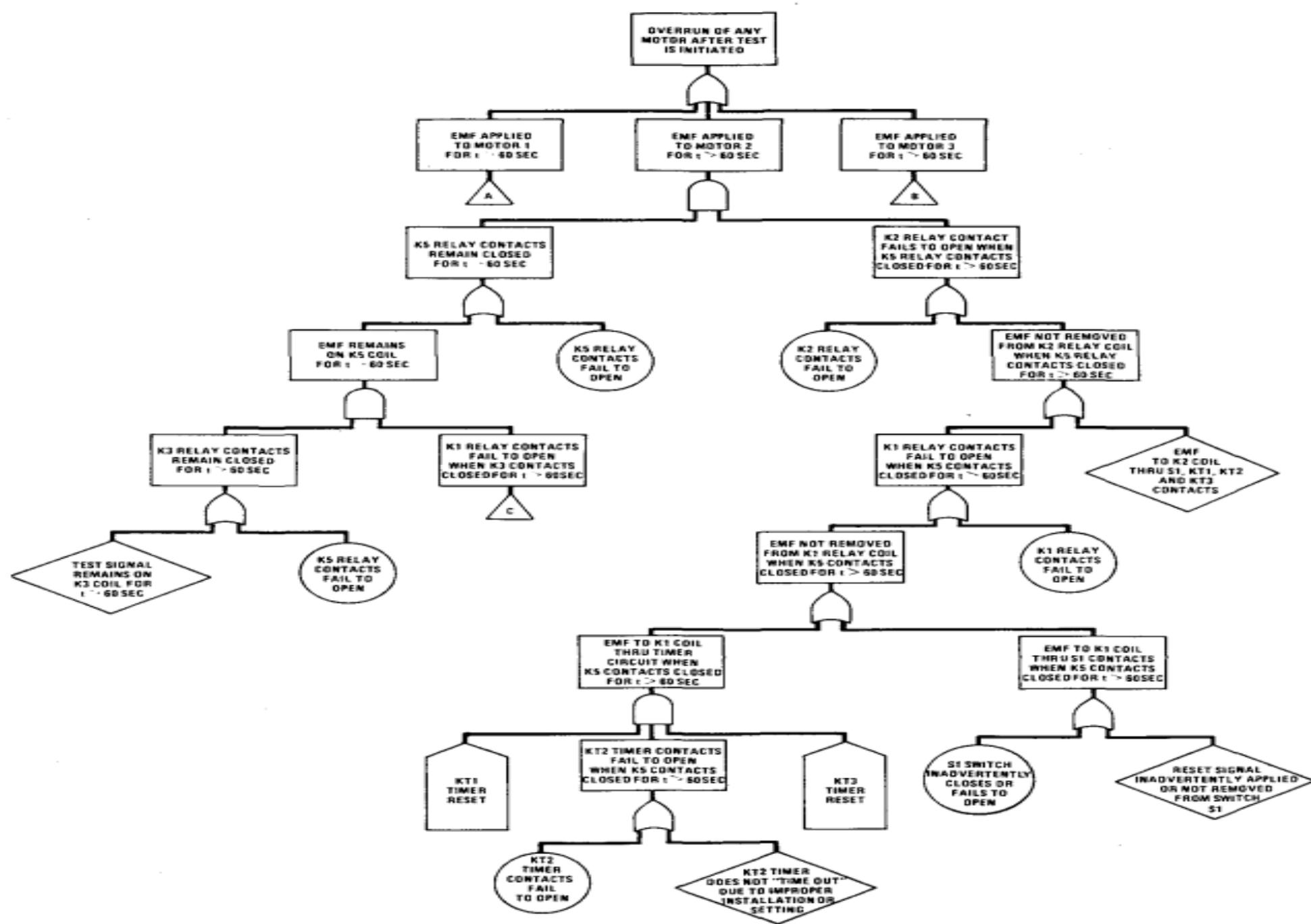
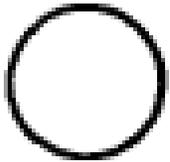


Figure IV-1. Typical Fault Tree

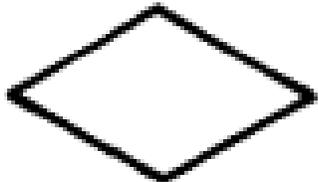
## PRIMARY EVENT SYMBOLS



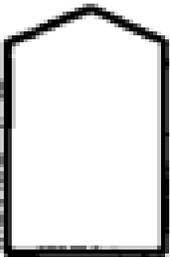
**BASIC EVENT** – A basic initiating fault requiring no further development



**CONDITIONING EVENT** – Specific conditions or restrictions that apply to any logic gate (used primarily with **PRIORITY AND** and **INHIBIT** gates)



**UNDEVELOPED EVENT** – An event which is not further developed either because it is of insufficient consequence or because information is unavailable



**EXTERNAL EVENT** – An event which is normally expected to occur

# Causa di radice – simboli da FTA – (NUREG – USA)

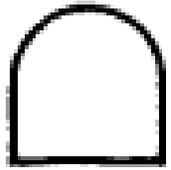


## INTERMEDIATE EVENT SYMBOLS



**INTERMEDIATE EVENT** – A fault event that occurs because of one or more antecedent causes acting through logic gates

## GATE SYMBOLS



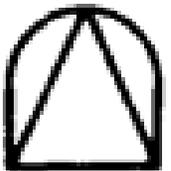
**AND** – Output fault occurs if all of the input faults occur



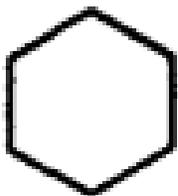
**OR** – Output fault occurs if at least one of the input faults occurs



**EXCLUSIVE OR** – Output fault occurs if exactly one of the input faults occurs



**PRIORITY AND** – Output fault occurs if all of the input faults occur in a specific sequence (the sequence is represented by a **CONDITIONING EVENT** drawn to the right of the gate)

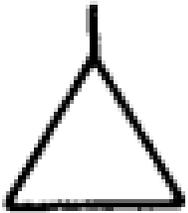


**INHIBIT** – Output fault occurs if the (single) input fault occurs in the presence of an enabling condition (the enabling condition is represented by a **CONDITIONING EVENT** drawn to the right of the gate)

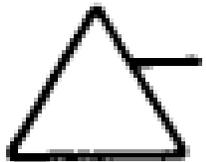
# Causa di radice – simboli da FTA – (NUREG – USA)



## TRANSFER SYMBOLS



**TRANSFER IN** – Indicates that the tree is developed further at the occurrence of the corresponding TRANSFER OUT (e.g., on another page)



**TRANSFER OUT** – Indicates that this portion of the tree must be attached at the corresponding TRANSFER IN



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# Incidenti Na-Tech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters)

# Definizione Incidente Na-Tech



Un numero limitato, ma di impatto rilevante, di incidenti industriali è causato da disastri naturali, in particolare terremoti, inondazioni, frane ed eventi meteorologici estremi. Nella letteratura internazionale, tali incidenti sono definiti eventi Na-Tech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters). Gli eventi NaTech possono essere definiti “Incidenti tecnologici, come incendi, esplosioni e rilasci tossici che possono verificarsi all’interno di complessi industriali e lungo le reti di distribuzione a seguito di eventi calamitosi di matrice naturale”.

Occorre tenere conto che l’interazione fra rischi naturali e rischio industriale comporta una amplificazione degli effetti e dei danni, determinata sia dal contemporaneo verificarsi di più eventi incidentali (o catene di eventi) di magnitudo superiore, sia dalla possibile indisponibilità dei sistemi di protezione e mitigazione delle conseguenze e delle risorse per la gestione dell’emergenza.



# INAIL – Ecomondo Rimini 9-11-2016

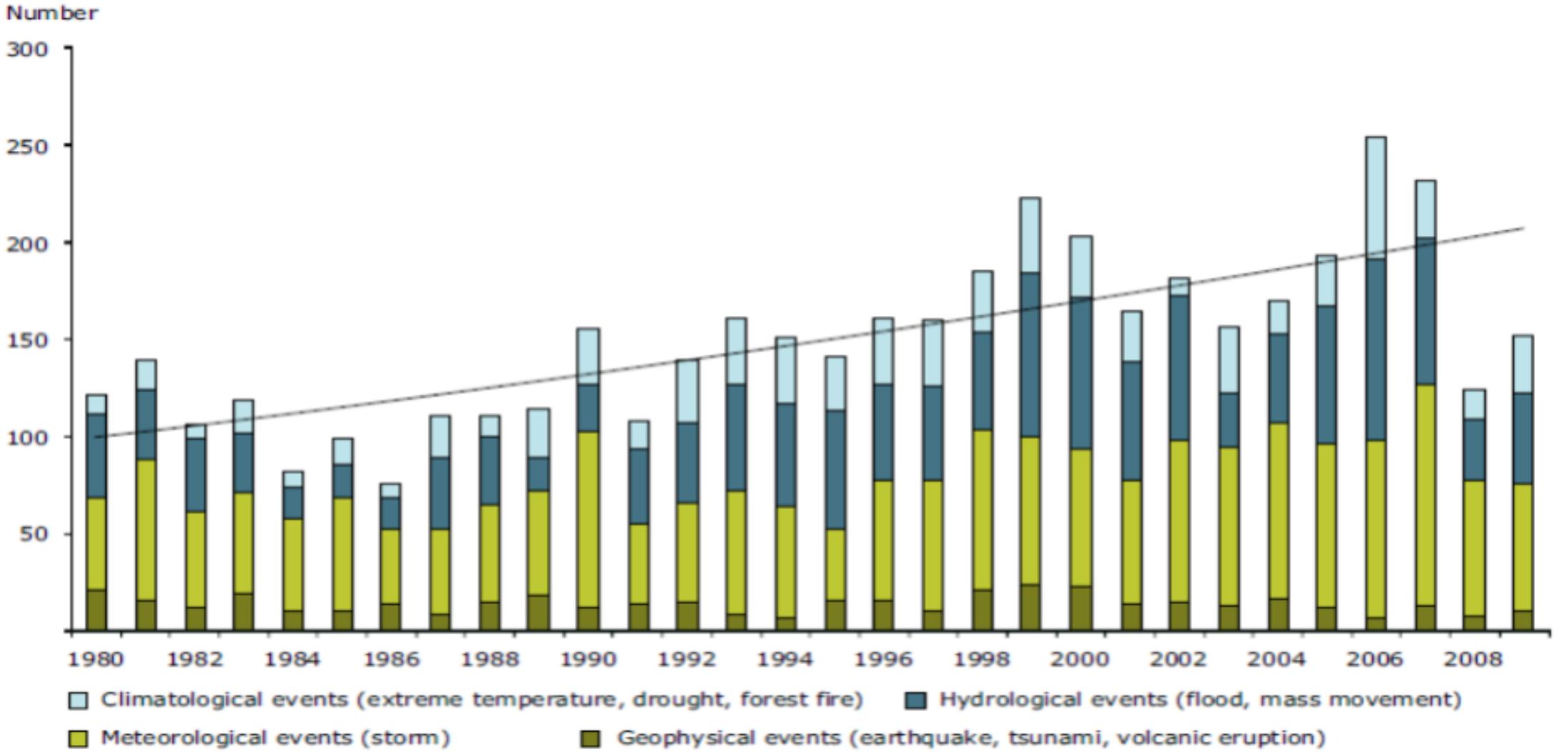
Le catastrofi naturali possono comportare un rischio che non dipende unicamente dagli effetti diretti su persone e strutture, ma comprende anche gli effetti conseguenti ad eventuali eventi incidentali che possono interessare impianti e stoccaggi colpiti dall'evento naturale stesso.

Gli incidenti così generati sono chiamati eventi **NaTech** (Natural Hazard Triggering Technological Disasters) e rappresentano circa il 3% del totale degli eventi incidentali, spesso con magnitudo assolutamente rilevanti.

Gli eventi NaTech possono essere generati da diversi eventi naturali: fulmini, alluvioni, terremoti, frane, fenomeni vulcanici, uragani forte vento, trombe d'aria.

Nel territorio italiano molti impianti a rischio di incidente rilevante sono localizzati in aree ad elevata sismicità, o sono esposti a rischio idrogeologico come anche ad altri rischi naturali.

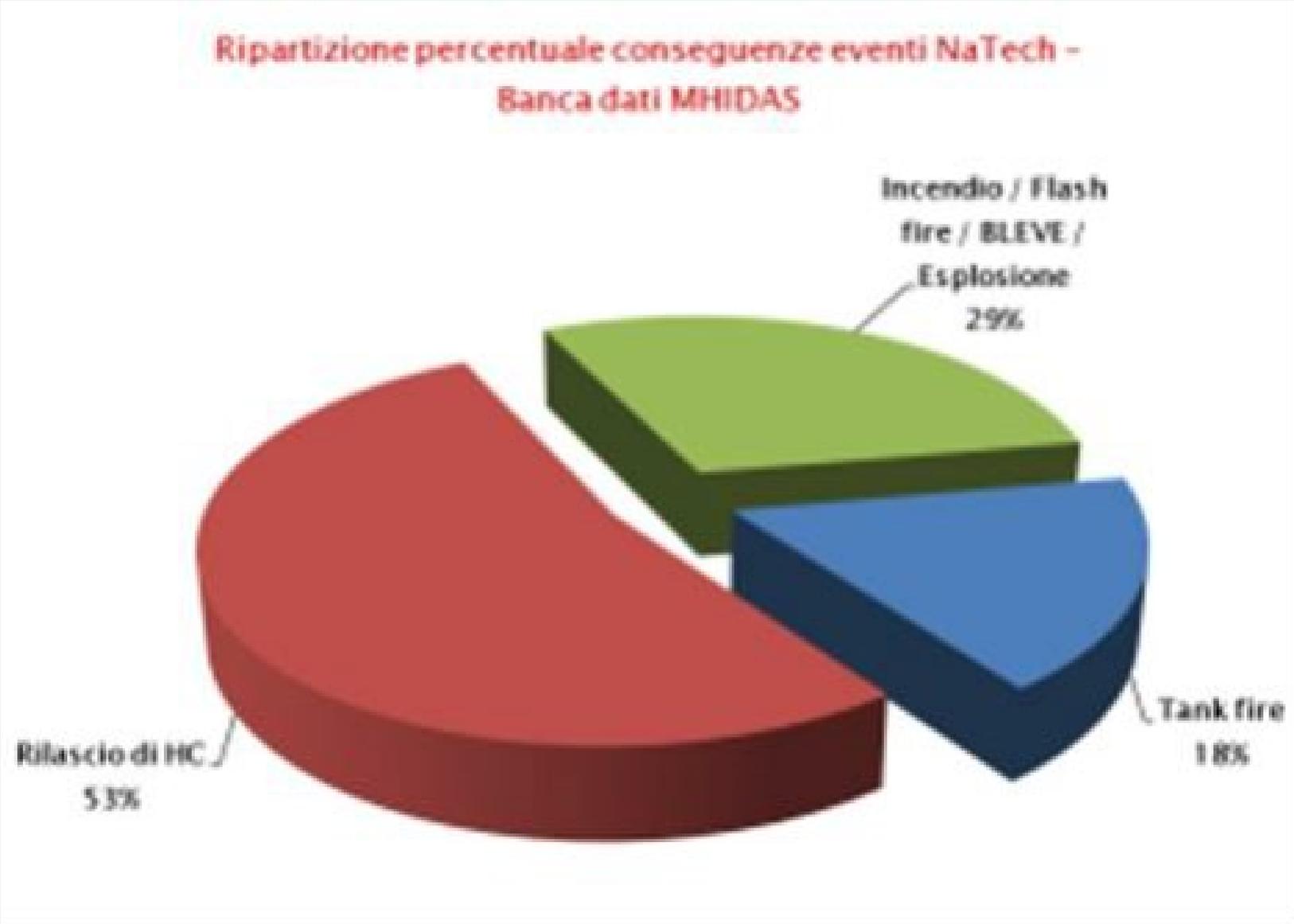
# INAIL – Ecomondo Rimini 9-11-2016



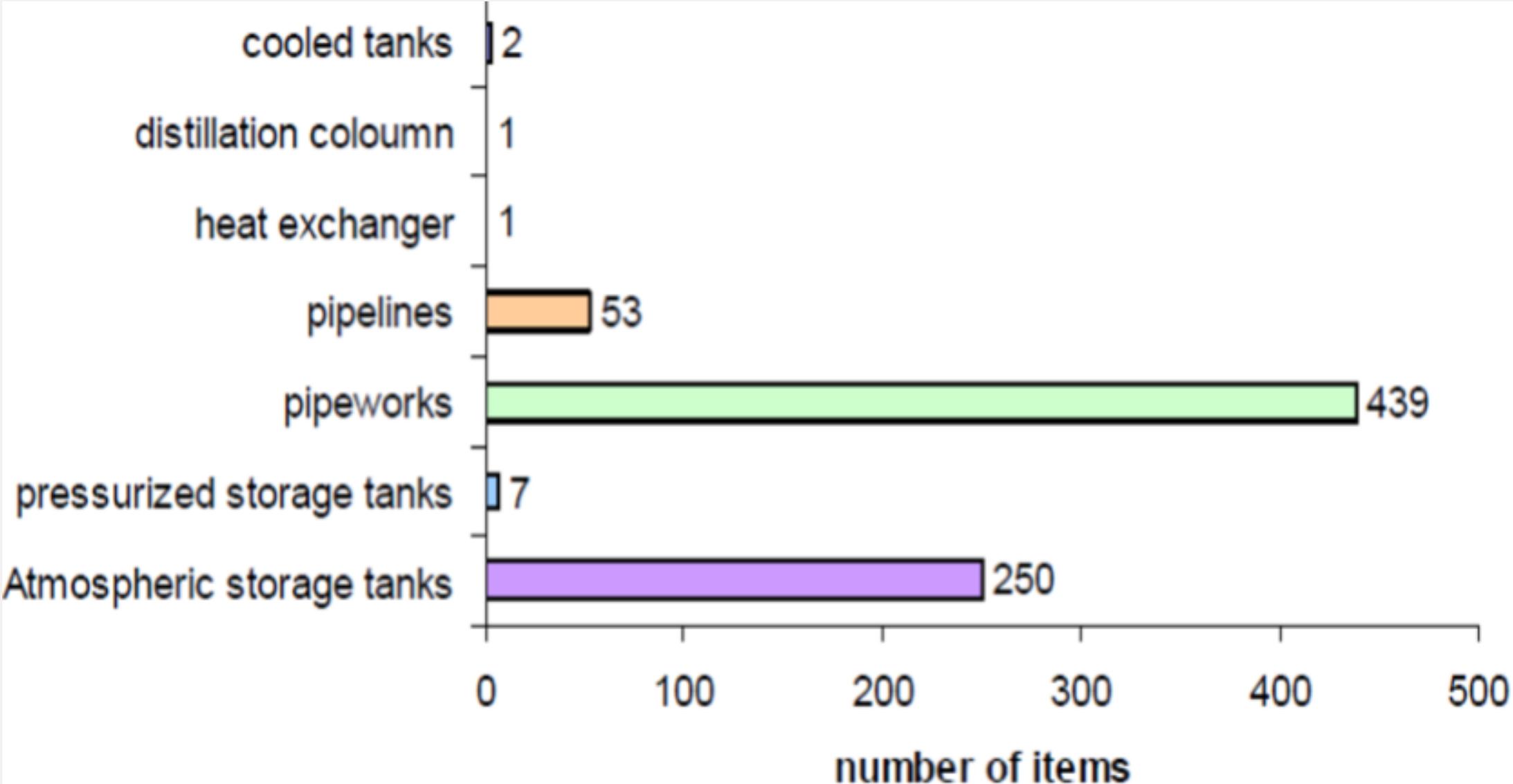
# INAIL – Ecomondo Rimini 9-11-2016



# INAIL – Ecomondo Rimini 9-11-2016



# INAIL – Ecomondo Rimini 9-11-2016



# INAIL – Ecomondo Rimini 9-11-2016

L'analisi storica mostra che l'impatto di un evento sismico su un impianto industriale può comportare il conseguente verificarsi di eventi incidentali rilevanti, quali:

- Incendi
- Esplosioni
- Dispersioni tossiche
- Inquinamento di corpi idrici superficiali e falde acquifere.

La magnitudo di tali incidenti può essere amplificata dal possibile contemporaneo fuori servizio dei sistemi di mitigazione preposti al contenimento degli eventi o alla messa in sicurezza degli impianti



# INAIL – Ecomondo Rimini 9-11-2016

Gli eventi naturali costituiscono una potenziale causa di incidenti rilevanti, e pertanto influiscono sui risultati dell'analisi di rischio.

Gli eventi naturali possono quindi comportare:

- Un incremento della frequenza di accadimento associata agli eventi incidentali.
- Una estensione delle aree di danno, determinata sia dal contemporaneo verificarsi di più eventi incidentali di magnitudo superiore, sia dalla possibile indisponibilità dei sistemi di protezione e di mitigazione.

## Eventi NATECH (Natural Hazard Triggering a Technological Disaster)

- Terremoto (M 7.4) di Izmit (Turchia) del 17 Agosto 1999
- Eventi meteorologici estremi in Francia settentrionale del 26-27 dicembre 1999
- Incidente di Baia Mare (Romania) del 30 gennaio 2000
- Inondazioni nella Repubblica Ceca nell'Agosto del 2002
- Terremoto (M 9.0) e tsunami di Tohoku (Giappone) dell'11 marzo 2011

## Scheda speditiva di valutazione preventiva effetti NaTech su impianti RIR

Stabilimento \_\_\_\_\_  
 Indirizzo : \_\_\_\_\_  
 Contatto (Tel): \_\_\_\_\_ Referente : \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_  
 Email: \_\_\_\_\_  
 Data di inizio compilazione: \_\_\_\_\_ Data di fine compilazione: \_\_\_\_\_

No.	Item	SI	NO	NA
1	<b>Verifica dei livelli di progettazione rispetto ai possibili effetti indotti dal sisma</b> - alla classificazione sismica - alla microzonazione sismica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<b>Individuazione preventiva delle apparecchiature critiche d'impianto rispetto ai possibili effetti indotti dal sisma</b> Colonne Cantieri Reattori Torre Serbatoi - Ekiphen/Foolbacking <sup>1</sup> - Uplifting <sup>2</sup> - Slacking <sup>3</sup> - Sliding <sup>4</sup> - Liquefazione <sup>5</sup> Forni Piping Altro (specificare):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<b>Individuazione preventiva degli elementi critici da monitorare o verificare post evento</b> Assetto di colonne rispetto ai tubazioni ad esse connesse Geometria di serbatoi Stato delle superfici (es. interno serbatoi a letto galleggianti) Stato di pilastri di appoggio (ad es. di serbatoi) Stato dei fondoni di collegamento tra fondazioni e struttura Stato di tubazioni Stato di valvole Stato di flange Altro (specificare):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<sup>1</sup>Deviazioni di compressione generate dal momento risultante possono provocare fenomeni di instabilità delle pareti del serbatoio  
<sup>2</sup>Il momento risultante può causare un parziale sollevamento delle piastre di base lo spostamento verticale può determinare la rottura delle pareti del serbatoio e/o la rottura delle tubazioni di ingresso/uscita  
<sup>3</sup>L'assorbimento del peso libero del liquido all'interno del serbatoio può determinare danni al letto e/o alla parte alta delle pareti del serbatoio  
<sup>4</sup>Tale per serbatoi non ancorati lo spostamento relativo tra il serbatoio e il piano di posa può determinare la rottura delle tubazioni di ingresso/uscita  
<sup>5</sup>Capillarità di sostanze deviate al totale soffoca della struttura determinata dalla liquefazione del terreno

No.	Item	SI	NO	NA
4	<b>Identificazione e definizione (preventiva) degli indicatori di pericolo da monitorare in caso di evento NaTech</b> <b>Apparecchiature a struttura verticale anella (colonne, reattori, cantieri, torri, ecc)</b> - perdita di contenimento - rilascio di sostanze infiammabili - rilascio di sostanze esplosive - rilascio di sostanze tossiche - altro (specificare) <b>Apparecchiature a struttura tozza poggianti al suolo (serbatoi di grandi dimensioni a letto fisso e galleggianti)</b> - perdita di contenimento - altro (specificare) <b>Apparecchiature a struttura tozza sostenute in elevazione da elementi discreti (sfera, forni di processo, serbatoi criogenici isolati da terra, serbatoi piezometrici)</b> - Perdita di contenimento - rilascio di sostanze infiammabili - rilascio di sostanze esplosive - rilascio di sostanze tossiche - generazione di situazione di non controllo limiti infiammabilità/esplosività all'interno apparecchiatura (es. forno) - variazione anomala parametri controllo processo - altro (specificare) <b>Piping (tubazioni, flange, valvole)</b> - perdita di sostanza pericolosa - perdita di sostanza con possibile effetto dannoso a valle (es. acqua raffreddamento) - altro (specificare) <b>Strutture critiche interne (es. Sala controllo, magazzino m.p., p.i., p.f., strutture impianti di processo ecc)</b> - Cedimenti strutturali e/o crolli - Danni che interferiscono l'accessibilità/funzionalità <b>Danneggiamento del sistema di comunicazione interna</b> <b>Danneggiamento del sistema di comunicazione esterno</b> - Altro (specificare)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<b>Identificazione ed analisi (preventiva) dei possibili effetti sull'impianto dovuti ai seguenti effetti di un forte sisma<sup>1</sup>:</b> Indisponibilità energia elettrica di rete Indisponibilità idroelettrica Mancanza pressione acqua Danni indisponibilità alla rete di comunicazione Danni indisponibilità alla rete di trasporto da e per il sito d'impianto Altro (specificare):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<sup>1</sup>Gli effetti vanno valutati ad esempio sui sistemi di controllo distribuito (DCS), sui sistemi di controllo di processo, sui sistemi d'emergenza, sui parametri di processo con possibilità di generazione di eventi incidentali non previsti nelle condizioni ordinarie, sui sistemi di earlywarning implementati per lo stabilimento

No.	Item	SI	NO	NA
6	<b>Misure interne di mitigazione dei possibili effetti NaTech</b> - Verifica dei criteri di progettazione - Idoneo dimensionamento di canali e muri di contenimento - Dispositivi di ancoraggio di serbatoi ed apparecchiature (ad esempio catene di ancoraggio, rinforzi) - Rinforzo di tubazioni e connessioni - Idonea progettazione e rinforzo vasche di accumulo sostanze e preparati pericolosi - Connessioni flessibili per le tubazioni - Cinghie di rinforzo o catene per barilotti e serbatoi a pressione - Cinghie di rinforzo per equipaggiamento ed attrezzature d'emergenza - Sistemi di intercettazione d'emergenza e valvole di sicurezza - Sistemi di accumulo d'acqua e di schiumogeno emergenza al sicuro da caduta di troncane - Sistemi di pipeline ridondanti, in particolare pipeline di adduzione acqua - Sistemi di allarme rapido (earlywarning) - Sistemi di generazione di potenza progettati per mantenere i sistemi di apparecchiature critiche relative alle sostanze pericolose in condizioni di sicurezza per tempi lunghi compatibili con gli interventi post sisma - Posizionamento di sostanze e preparati tra loro incompatibili, in modo da evitare che in caso di evento possano venire a contatto - Idonei sistemi di interruzione di processo in caso di evento - Pianificazione di idonea comunicazione tra i lavoratori di stabilimento e i propri familiari in caso di evento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<b>Implementazione della procedura di controllo/verifica NaTech nell'SUS</b> - Pianimetria stabilimento / sito con indicatori degli elementi critici da monitorare/controllare - Adozione di idonee procedure operative in sicurezza (es. equipaggiamento e addestramento personale per accesso spazi confinati con pericolo crollo, tossico, esplosione, incendio) - Atribuzione di responsabilità per la procedura di controllo/verifica NaTech - Adeguata sistemi di allarme/comunicazione in fase di controllo/verifica NaTech	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nome, Firma dei verificatori

Nome, Firma del supervisore



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# Riferimenti bibliografici e normativi

# Riferimenti bibliografici e normativi



## Analisi delle cause di radice (Root Cause analysis)

- CEI EN62740 Analisi delle cause profonde (2015)
- DoE-NE-STD-1004-92 RCA Guidance document (1992)
- INAIL 2000 Modelli e metodi per l'analisi degli infortuni sul lavoro
- INAIL (2006) LA RICOSTRUZIONE DELLE CAUSE E DELLE DINAMICHE INFORTUNISTICHE NEGLI AMBIENTI DI LAVORO ATTRAVERSO IL MODELLO "SBAGLIANDO S'IMPARA"
- INAIL (2006) ISPESL Indagine integrata per l'approfondimento dei casi di infortunio mortale

## Analisi degli alberi dei guasti (Failure Tree Analysis)

- CEI 61025 Analisi ad albero delle avarie (2006)
- NASA #98RM-313 An introduction to MARKOV modelling: Concept and Uses (1998)
- USA NUREG-0492 Fault Tree Hand Book (1981)

## Quasi Incidenti

- INAIL (2021) GESTIONE DEGLI INCIDENTI PROCEDURA PER LA SEGNALAZIONE DEI NEAR MISS

## Natech

- INAIL (2016) Rischio NATECH e D.Lgs 105/2015.
- INAIL (2019) Eventi Natech: dalla gestione dell'emergenza alla gestione del rischio

# Nuova normativa sicurezza legata alla transizione energetica



## Auto elettriche

- Circolare 05 novembre 2018, n° 2

Linee guida per l'installazione di infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici

- Gruppo di lavoro VVF linee guida sicurezza

## Idrogeno

DECRETO 7 luglio 2023 Regola tecnica di prevenzione incendi per l'individuazione delle metodologie per l'analisi del rischio e delle misure di sicurezza antincendio da adottare per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di impianti di produzione di idrogeno mediante elettrolisi e relativi sistemi di stoccaggio. (23A04081)

ISO22734 Hydrogen generators using water electrolysis. Part 1: General requirements, test protocols and safety requirements.



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# Casi Reali di incidenti per settori

**Natech – Sisma  
Izmit Turchia 1999**

**(\*)**

# Incidente Na-Tech August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey

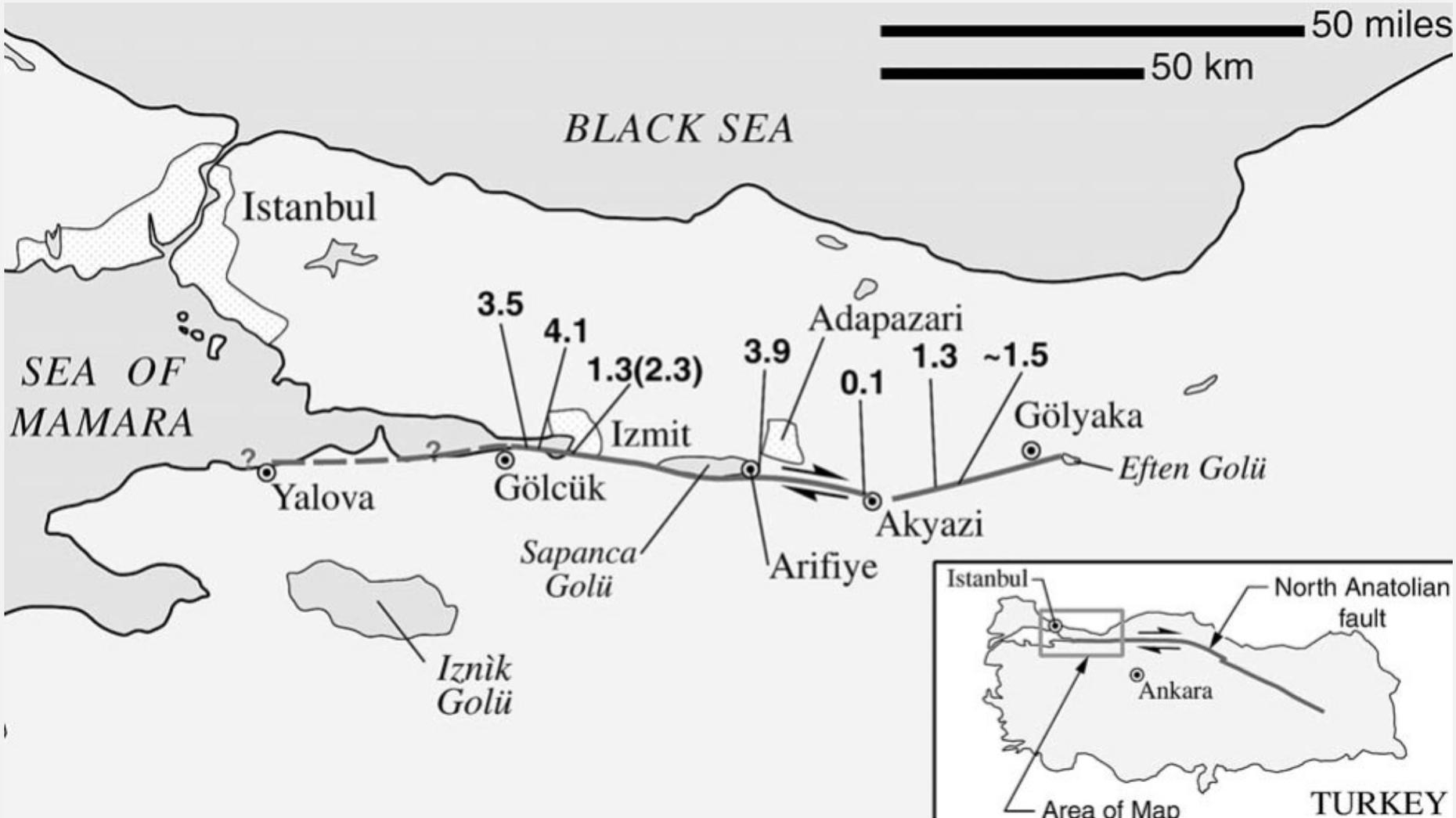


Il terremoto di Mw 7.4 è avvenuto sulla Faglia dell'Anatolia settentrionale nella Turchia nordoccidentale

alle 3:02 ora locale. L'ipocentro del terremoto è stato localizzato vicino a Izmit, 90 km a est di Istanbul. I dati ufficiali collocano la perdita di circa 17.225 vite, con più di 44.000 feriti. Circa 77.300 le case e le imprese che furono distrutte e altre 245.000 furono danneggiate.

I danni diretti totali sono stati stimati in più di 6 miliardi di dollari.

# Incidente Na-Tech August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey



# Incidente Na-Tech August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey



# Incidente Na-Tech August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey

## Stabilimento di assemblaggio Ford

La costruzione della carrozzeria di un nuovo stabilimento Ford vicino a Gölcük fu in costruzione al momento del terremoto. L'edificio a un piano era composto da un quadrato rinforzato alto 6 m colonne di cemento che sostengono capriate unidirezionali in acciaio e a telaio spaziale leggero che si estende tra le capriate. Il tetto e le pareti sono stati costruiti con pannelli di acciaio leggero.

Nelle slides seguenti una fotografia dell'interno del nuovo corpo officina.

Questo edificio è stato danneggiato durante il terremoto da combinazione di scuotimento, rottura di faglia e cedimento del terreno sotto l'edificio.

La Figura seguente mostra il gradino di sollevamento del terreno in una zona entro i 100 m. dallo stabilimento. I danni includevano deformazioni permanenti nella struttura dell'edificio, cerniere nelle colonne a sbalzo, solai gravemente fessurati e separati, e crollo di alcuni pannelli murari. La slide successiva mostra un edificio danneggiato.



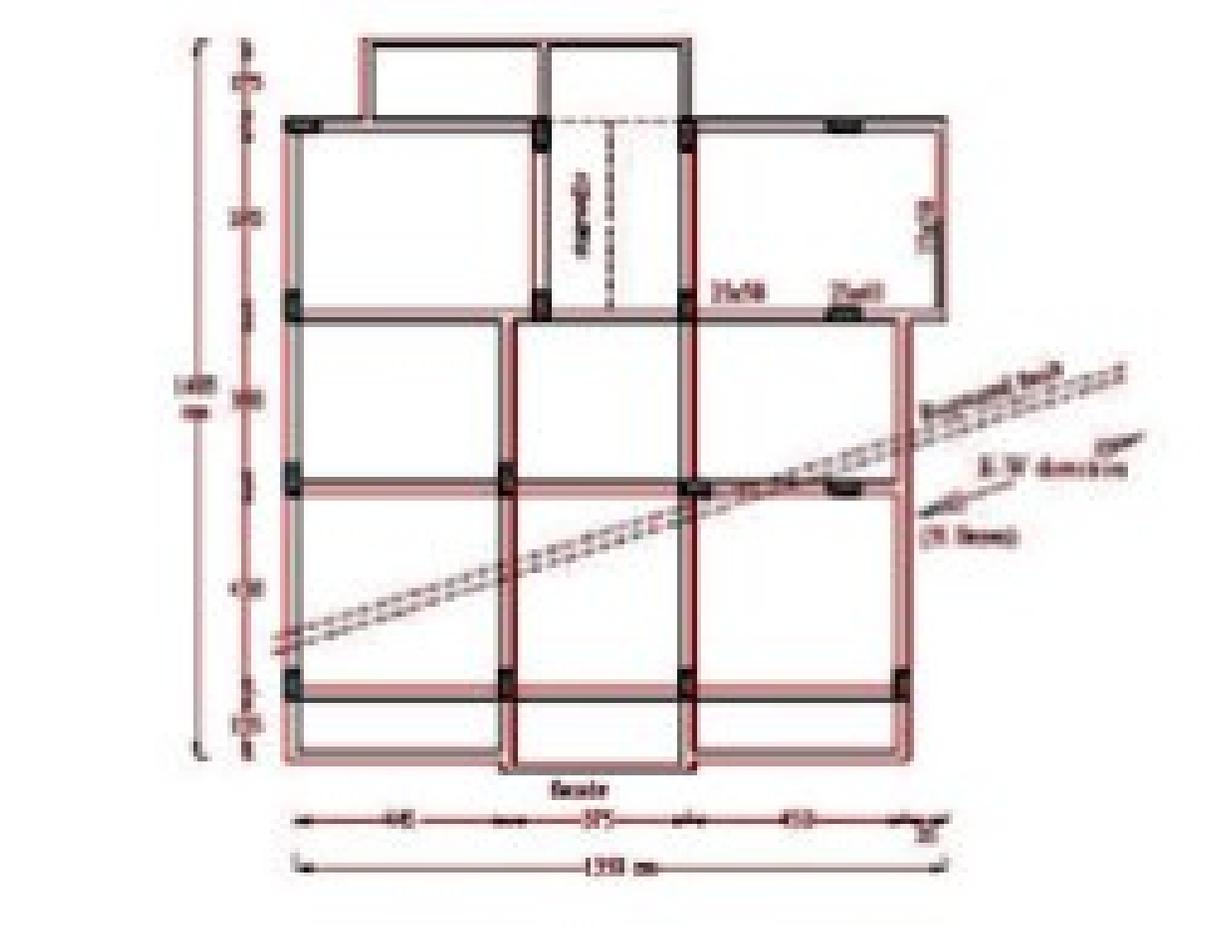
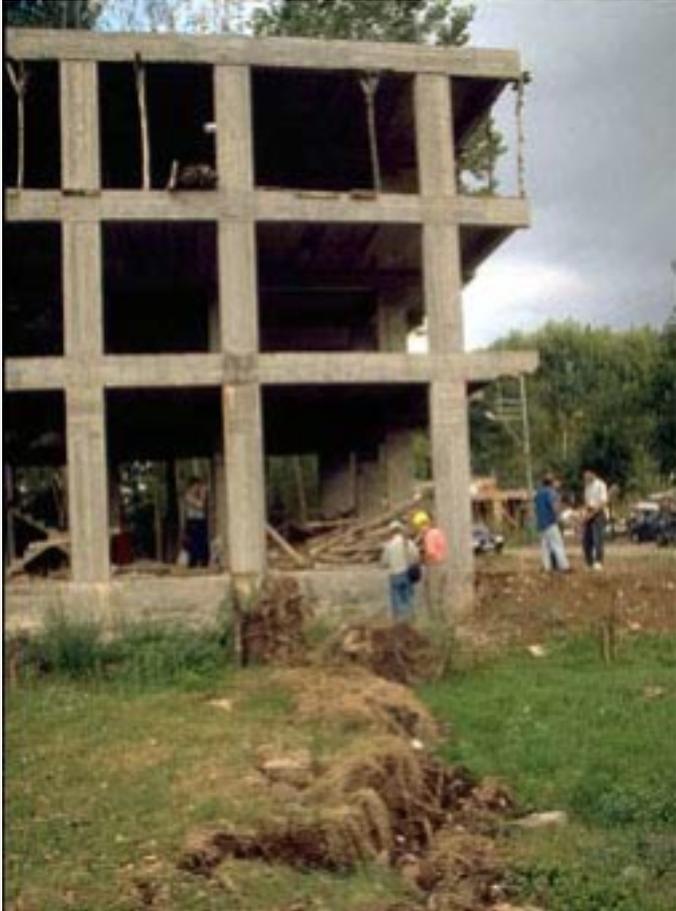
# Incidente Na-Tech August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey



# Incidente Na-Tech August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), Turkey



# Incidente Na-Tech August 17, 1999 Earthquake: Kocaeli (Izmit), GOLCUK - Turkey





CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



**Casi Reali di  
incidenti per settori  
OFF-Shore  
PIPER ALPHA**



# Incidente PIPER ALFA



La Piper Alpha è stata una piattaforma petrolifera che operava nel Mare del Nord, installata a circa 200 chilometri dalla cittadina scozzese di Aberdeen. Il 6 luglio del 1988 la piattaforma prese fuoco in seguito alla fuga di una notevole quantità di gas, che innescò innumerevoli esplosioni. Le fiamme avvolsero l'impianto per ore, generando temperature tali da rendere impossibile l'avvicinamento dei mezzi di soccorso. Delle 226 persone che erano a bordo della Piper Alpha, 165 morirono. Anche una delle navi di salvataggio si incendiò, causando la morte di altre due persone e portando il bilancio a 167 vittime.

# Incidente PIPER ALFA

## Resoconto orario



Nelle settimane precedenti all'esplosione, era in pieno svolgimento la costruzione di un nuovo gasdotto; nonostante questo, la piattaforma operava ai regimi consueti. L'eventuale scoperta di piccole perdite di gas era un avvenimento comune, che ormai non destava più alcuna preoccupazione. Poiché la piattaforma è andata completamente distrutta, con la morte di quasi tutti gli uomini coinvolti, la sequenza di eventi successiva è solo un'ipotesi basata sull'evidenza fattuale. Come tale, viene contestata da alcuni testimoni

**12:00 p.m.** Il gas veniva compresso e inviato al terminal sulla costa tramite due pompe del condensato (indicate con A e B). La mattina del 6 luglio, la valvola di sicurezza della Pompa A (PSV #504) venne rimossa per la manutenzione ordinaria. L'apertura nel tubo venne chiusa con una [flangia](#) cieca. I lavori si protrassero oltre le 6:00 p.m. e la flangia non venne sostituita. L'ingegnere di turno scrisse una nota in cui affermava che la Pompa A non era riparata e non doveva essere attivata per nessun motivo.

**6:00 p.m.** Cambio di turni. Sessantadue uomini si avvicendarono al controllo della piattaforma. L'ingegnere vide che il sorvegliante di turno era molto occupato; anziché informarlo immediatamente delle condizioni della pompa, l'uomo lasciò la nota nel centro di controllo e staccò dal turno. Questa nota sparì e non venne più ritrovata; casualmente qui si trovava una seconda nota, che riguardava la manutenzione generale della Pompa A (programmata ogni quattordici giorni). Tale manutenzione non è ancora avvenuta.

# Incidente PIPER ALFA

## resoconto orario



**7:00 p.m.** Come ogni piattaforma petrolifera esistente, la *Piper Alpha* era dotata di un sistema antincendio automatico. Pompe elettriche, supportate in emergenza da pompe diesel, risucchiano grandi quantità d'acqua dal mare e la gettano sulle fiamme. Tuttavia, per evitare che i sommozzatori della piattaforma vengano risucchiati assieme all'acqua, i controlli automatici vengono disattivati con uomini in mare (cosa che in quel periodo si verificava per 12 ore al giorno). A differenza dello standard, che prevede lo spegnimento con sommozzatori vicino all'imbocco delle pompe, il regolamento della *Piper Alpha* prevedeva il controllo manuale in ogni situazione con uomini in mare.

**9:45 p.m.** La Pompa del condensato B si fermò all'improvviso. Fallirono tutti i tentativi di farla ripartire. L'energia della piattaforma venne interamente ricavata dalle due pompe del condensato; l'ingegnere di bordo aveva pochi minuti per farle funzionare di nuovo. Inizia una ricerca dei permessi per accendere la Pompa A.

**9:52 p.m.** Viene trovata la nota della revisione, ma non quella relativa alla rimozione della valvola. Essendo la valvola in un posto diverso rispetto alla pompa, la nota si trovava con ogni probabilità in un diverso classificatore (le note erano divise per luogo). La flangia oltretutto si trovava a molti metri d'altezza ed è parzialmente oscurata da altri macchinari. Il manager ordina l'accensione.

**9:55 p.m.** La Pompa A viene attivata. La pressione del gas fece saltare la flangia. Gli uomini sentirono distintamente il fischio del gas pressurizzato che usciva dal foro, seguito da sei allarmi di perdita e da una tremenda esplosione. Le paratie tagliafuoco, non progettate per un simile evento, vennero spazzate via. Un pannello volante aprì una falla in un secondo tubo del condensato, creando un secondo incendio. Il custode riuscì però a premere il pulsante di blocco d'emergenza, chiudendo tutte le valvole della piattaforma e cessando la produzione di greggio e gas.

# Incidente PIPER ALFA

## resoconto orario



**9:55 p.m.** La Pompa A viene attivata. La pressione del gas fece saltare la flangia. Gli uomini sentirono distintamente il fischio del gas pressurizzato che usciva dal foro, seguito da sei allarmi di perdita e da una tremenda esplosione. Le paratie tagliafuoco, non progettate per un simile evento, vennero spazzate via. Un pannello volante aprì una falla in un secondo tubo del condensato, creando un secondo incendio. Il custode riuscì però a premere il pulsante di blocco d'emergenza, chiudendo tutte le valvole della piattaforma e cessando la produzione di greggio e gas.

**10:04 p.m.** La sala di controllo viene abbandonata. La piattaforma non era progettata per un evento simile: ogni catena organizzativa e di comando si disintegrò. Gli uomini cercarono di raggiungere le scialuppe, ma il fuoco glielo impedì. Decisero così di rifugiarsi nel centro accoglienza sotto l'eliporto, costruito a prova di fuoco, e di attendere altre istruzioni. Il fumo, il vento e il calore impedirono però a ogni elicottero di avvicinarsi.

Due coraggiosi indossarono abiti protettivi, tentando di raggiungere le pompe diesel sotto la struttura e di accendere gli impianti antincendio. Non saranno più rivisti.

Teoricamente il fuoco avrebbe dovuto estinguersi da solo, per mancanza di combustibile. Ma la Piper era collegata ad altre due piattaforme gemelle (Claymore e Tartan), con tubazioni del greggio e gasdotti larghi quasi un metro e mezzo; e i manager delle due gemelle non avevano l'autorità per ordinare la sospensione del pompaggio. La distruzione dei tubi sulla Piper creò un gradiente di pressione che risucchiò il greggio dalle condotte e continuò ad alimentare l'incendio.

**10:20 p.m.** Il gasdotto della Tartan (pressurizzato a 120 atmosfere), rammollito dal calore, si distrusse. Trenta tonnellate di gas al secondo raggiunsero l'incendio, scagliando sulla piattaforma una palla di fuoco di 150 metri di diametro. Due soccorritori lanciati dalla nave appoggio Sandhaven e sei sopravvissuti caduti in mare morirono all'istante. Da questo momento, nulla può salvare la piattaforma.

# Incidente PIPER ALFA

## resoconto orario



**10:30 p.m.** La *Tharos*, una grossa nave da soccorso dotata di impianti antincendio, si accosta alla *Piper Alpha*. I suoi marinai devono fare attenzione: il getto del loro cannone ad acqua è così potente da ferire gravemente chiunque venga accidentalmente colpito.

**10:50 p.m.** Il secondo gasdotto si rompe, aggiungendo milioni di litri di gas nell'inferno. Fiamme alte più di cento metri si levano verso il cielo. Il caldo inizia a fondere l'acciaio della piattaforma; la *Tharos* fu costretta a staccarsi in tutta fretta. Il manager della *Claymore*, vista la situazione, scavalca la catena di comando e disattiva la sua piattaforma.

Tutti gli uomini ancora vivi sono intrappolati nel centro accoglienza, ormai rovente e invaso dal fumo, o sono saltati giù nel mare gelato.

**11:20 p.m.** L'oleodotto che viene dalla *Claymore* cede.

**11:50 p.m.** Il Modulo D, che comprende il centro accoglienza, si stacca dalla piattaforma e crolla in mare. Il resto della struttura lo segue.

**12:45 a.m., 7 luglio** Della *Piper Alpha* rimangono solo i resti del Modulo A. L'incendio non accenna a fermarsi.

**28 luglio** La squadra specialistica di [Red Adair](#) riesce a spegnere l'incendio; per farlo sono costretti a intasare il pozzo di cemento.



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# **Casi Reali di incidenti per settori Crollo Ponte di Tacoma **NARROWS****





# Crollo ponte di TACOMA USA



Il 23 giugno [1938](#), il progetto venne approvato dalla *Federal Works Agency* con lo stanziamento di fondi da parte dei finanziatori. Il cantiere del ponte venne aperto il 27 settembre 1938 e durò diciannove mesi ma già durante il completamento dei lavori venne notata una certa propensione all'[oscillazione](#) della campata.

Per ovviare a questo inconveniente vennero adottate delle contromisure. Dapprima le travi della campata vennero ancorate a blocchi di cemento posti sulla riva del fiume sottostante mediante cavi di acciaio fissati su ambo i lati, tuttavia questo espediente si rivelò inefficace poiché i cavi si spezzarono poco tempo dopo la loro posa. In alternativa vennero installati dei cavi passanti trasversali alla campata e anch'essi ancorati a riva; quest'ultima misura preventiva fu quella definitiva ma non ridusse significativamente l'oscillazione ondulatoria della struttura, che continuò a oscillare verticalmente a partire da lievi raffiche di vento di soli 7 [km/h](#).

Tuttavia i lavori si conclusero nei tempi previsti e il ponte fu inaugurato dalle maggiori autorità civili e militari del luogo il 1° luglio [1940](#) e, anche in quel frangente, venne notata una lieve oscillazione della struttura, che comunque fu giustificata dal fatto che il ponte manifestava la sua [elasticità](#) come punto di forza.

Nei mesi seguenti per la popolazione attraversare il ponte divenne una moda oltre che una necessità, osservarlo da riva quasi un divertimento, tanto da arrivare a nominarlo "Gallopig Gertie"; effettivamente nei giorni di maggior vento le oscillazioni verticali potevano raggiungere anche il metro di ampiezza. Tutto ciò allarmò i progettisti, che riprodussero un nuovo modello in scala 1:100 e lo fecero esaminare in galleria del vento; il risultato fu allarmante: il ponte era pericoloso

# Crollo ponte di TACOMA USA

Durante i mesi successivi, nonostante l'installazione dei cavi ancorati a riva, le oscillazioni continuarono e si resero maggiormente visibili durante le giornate particolarmente ventose. Sfortunatamente intorno alle ore dieci della mattina del 7 novembre del 1940, a poco più di quattro mesi dalla sua inaugurazione, il ponte si mise a oscillare e torcersi paurosamente per via delle forti raffiche di vento, tanto da essere immediatamente evacuato e chiuso al traffico; circa due ore dopo, a seguito delle vistose torsioni della campata centrale che raggiunsero i 70° di inclinazione, si ruppero alcuni tiranti, la struttura raggiunse il punto di rottura e la campata centrale collassò, precipitando in acqua.

L'ingegnere italiano Giulio Krall fu tuttavia il primo (nel 1945) a indicare una spiegazione tecnica del crollo, calcolando la velocità critica del vento che innescava il fenomeno delle oscillazioni in 67 km/h, praticamente quasi coincidente con l'effettiva velocità del vento di quel giorno. Nella sua analisi Krall confermò che le cause del cedimento furono dovute alle vibrazioni autoeccitate indotte dal distacco periodico dei vortici di von Kármán, ovvero quel fenomeno di instabilità aeroelastica detto anche flutter, che produce delle forzanti armoniche sulla struttura che in questo caso si sono verificate fatali. Infatti, sotto l'azione di un vento costante alla velocità critica, la scia dei vortici di von Kármán restituiva alla struttura delle forze e coppie pulsanti alla stessa frequenza propria della struttura innescando così un fenomeno di risonanza con spostamenti e rotazioni dell'impalcato via via crescenti e non limitate da un adeguato smorzamento (come ben si vede nel drammatico filmato del crollo).

# Crollo ponte di TACOMA USA



Il nuovo ponte, inaugurato nel 1950, in una fotografia scattata in anni successivi

Un dettaglio tecnico non trascurabile che ha fortemente inciso sul collasso è stato infine individuato nella struttura stessa della campata, con quella superficie uniforme ma completamente priva di spazi attraverso cui farsi attraversare dall'aria, come sarebbe avvenuto in una struttura aperta a traliccio. Questo dettaglio fu uno degli errori progettuali principali che rese la struttura troppo vulnerabile al carico del vento.[8] Un altro fattore che probabilmente contribuì al collasso, anche se in misura minore, fu l'inefficacia degli ammortizzatori idraulici installati tra le due torri e l'impalcato del ponte per attenuare il movimento longitudinale della campata principale; con tutta probabilità le loro guarnizioni in gomma furono danneggiate dalla sabbiatura eseguita prima di procedere alla verniciatura finale della struttura con il caratteristico colore verde chiaro.[9][2]

A causa della scarsità dei materiali dovuta alla seconda guerra mondiale e del tempo necessario per lo smantellamento del resto della struttura, nonché delle macerie precipitate in acqua, occorsero circa dieci anni per riprogettare e ricostruire completamente un ponte sostitutivo, facendo tesoro della drammatica esperienza.





CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# **Casi Reali di incidenti per settori Esplosione Serbatoio Raffineria (\* )**





CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



# **Casi Reali di incidenti per settori Rottura Cavidotto alta tensione (\*)**





CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



# Casi Reali di incidenti per settori Cabina elettrica elettrocuzione (\*)





CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



**Casi Reali di  
incidenti per settori  
Pressa  
termoplastica  
rottura (\*)**



Stampo  
Pressa  
termo  
plastica





CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



**Casi Reali di  
incidenti per  
settori:  
Gru Polare (\*)**



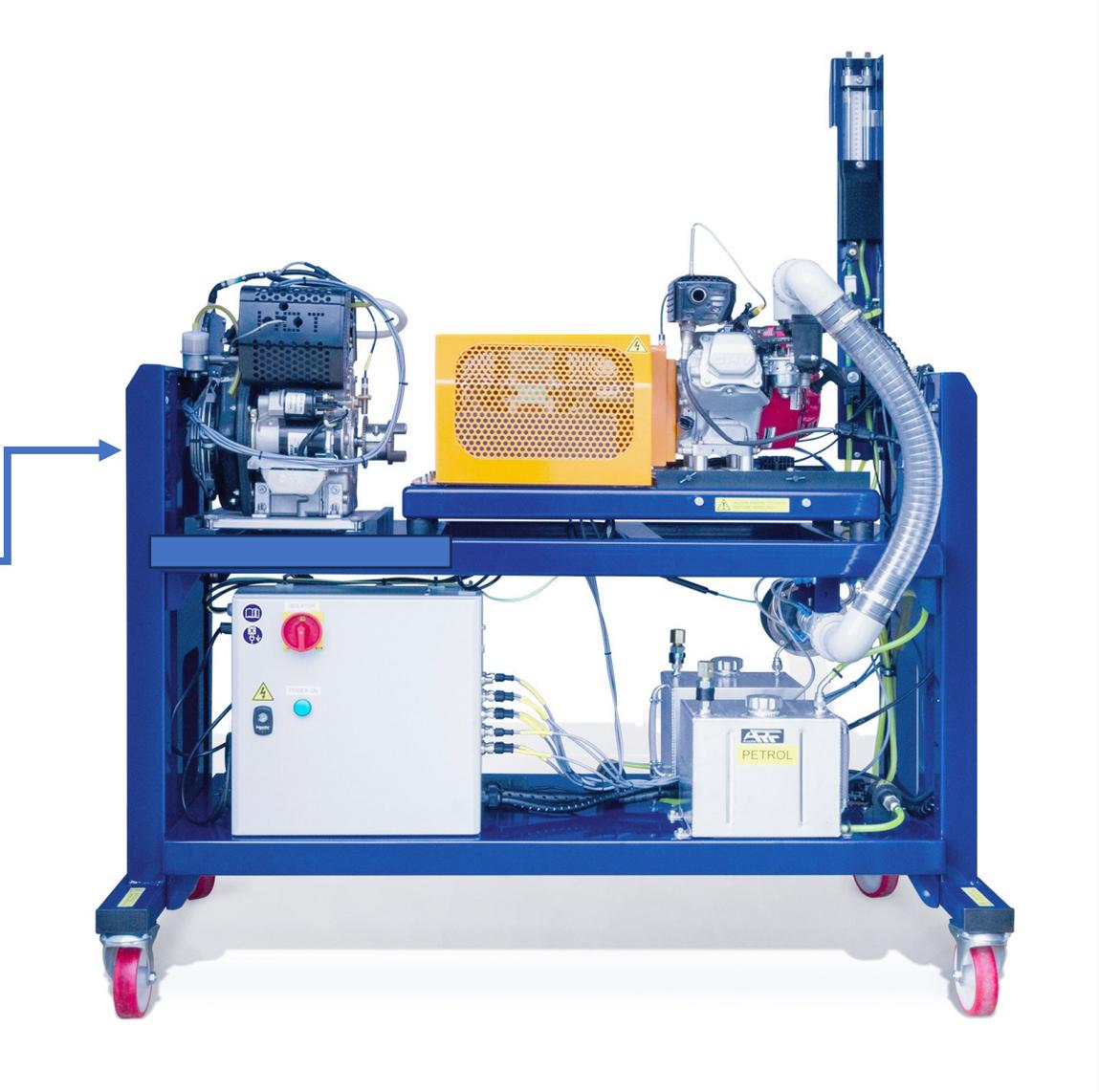
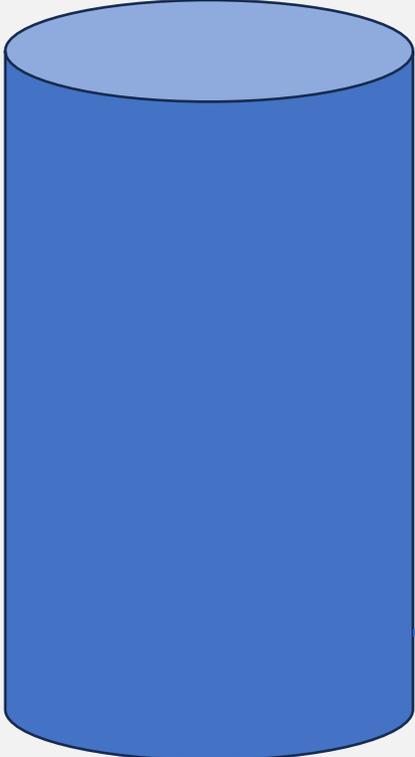


CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



**Casi Reali di  
incidenti per settori  
Incendio cabine  
prova motori (\*)**

# Banco prova ,motori (\*)







CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



**Casi Reali  
di incidenti per  
settori  
Crollo cabinovia  
Cavalese (\*)**

# Crollo cabinovia Cavalese (\*)

Con incidente della funivia del Cermis ci si riferisce al disastro avvenuto il 3 febbraio 1998, quando un aereo militare statunitense Grumman EA-6B Prowler, volando a una quota inferiore al cavo della funivia, tranciò il cavo della funivia del Cermis in Italia, facendo precipitare la cabina e provocando la morte dei venti occupanti.





CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI **INGEGNERI**



**Casi Reali di  
incidenti per  
settori:**

**Rottura giunti  
omocinetici  
sterzanti (\*)**

# **Mancato trattamento termico sfere giunto omocinetico sterzo autocarro**



For more info:



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



**Grazie  
per la vostra  
attenzione**

Diomede Malvaso  
Engineering Solutions  
[diomede.malvaso@rina.org](mailto:diomede.malvaso@rina.org)

**Our experience. Your growth.**