

# La gestione dell'invecchiamento negli impianti a rischio di incidente rilevante stato attuale e prospettive future



**Ravenna 12 aprile 2018**

*Dott.ssa Cosetta Mazzini ARPAE Emilia Romagna*

*Dott. Ing. Tomaso Vario ARPA Liguria*

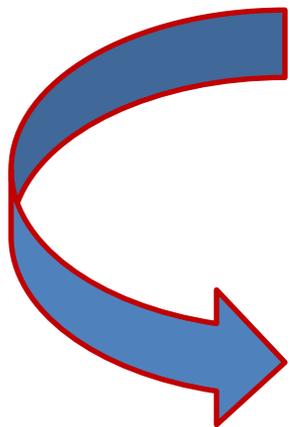
## Contenuti della relazione:

- Introduzione: il ruolo delle Agenzie per la prevenzione ambientale (ARPA) dall'emanazione del D.Lgs 105/15
- Le Ispezioni. Il controllo operativo, la gestione della manutenzione e dell'invecchiamento negli impianti: modalità di conduzione delle ispezioni
- Gli stabilimenti a Rischio di Incidente Rilevante in Emilia Romagna e i risultati delle ispezioni dall'emanazione del decreto 105/15
- La gestione dei processi manutentivi (cenni su affidabilità e disponibilità)  
Metodi di valutazione  
FFS  
RBI
- La gestione dell'invecchiamento
- Una nuova prospettiva sulla sicurezza industriale: l'analisi di rischio dinamica

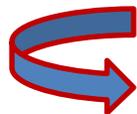
Introduzione: il ruolo delle Agenzie per la prevenzione ambientale (ARPA) dall'emanazione del D.Lgs 105/15

Coordinamento di cui all'art. 11 D.Lgs 105  
per l'uniforme applicazione della norma

*“Assicura anche mediante gruppo di lavoro, l'elaborazione di indirizzi e linee guida in relazione ad aspetti di comune interesse e permette un esame congiunto di temi e quesiti connessi all'applicazione del decreto anche al fine di garantire un'attuazione coordinata e omogenea delle nuove norme e di prevenire le situazioni di inadempimento e le relative conseguenze”*



**ARPA componente del Coordinamento:**  
possibilità di portare a sistema l'esperienza operativa maturata sul territorio . Collaborazione tra le ARPA e gli altri Enti per una integrazione delle competenze e un approccio interdisciplinare.



**Obiettivo migliorare la sicurezza  
tenendo conto dei bisogni delle aziende RIR**

# Introduzione: il ruolo delle Agenzie per la prevenzione ambientale (ARPA) dall'emanazione del D.Lgs 105/15

## Primi risultati del lavoro svolto dal Coordinamento di cui all'art.11

Allegato B del D.lgs 105 Devono essere previsti piani di monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento (corrosione, erosione, fatica, scorrimento viscoso) di apparecchiature e impianti che possono portare alla perdita di contenimento di sostanze pericolose, comprese le necessarie misure correttive e preventive.



gruppo di lavoro



linee guida sulla valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di Gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli stabilimenti Seveso. Strumento di supporto alla Commissione in Ispezione

Approccio integrato  
Sistema di Gestione e  
Analisi di Rischio

Contributo di  
ARPA

## Le Ispezioni

Il controllo operativo, la gestione della manutenzione, dell'invecchiamento negli impianti:  
modalità di conduzione delle ispezioni

Documenti indispensabili e accompagnano l'Ispezione

- Rapporto di sicurezza
- Scheda Tecnica



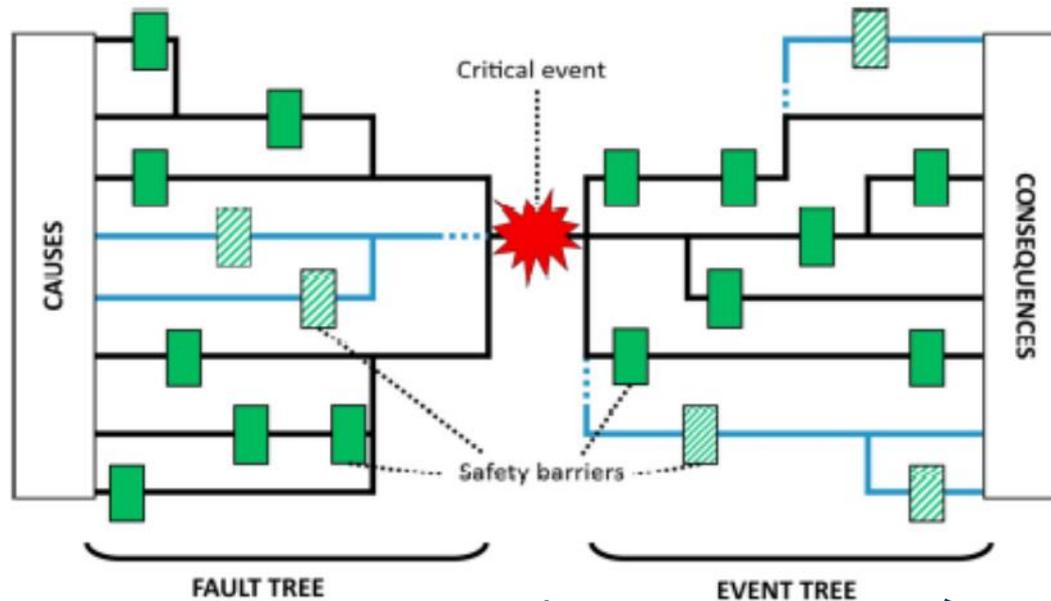
STB di soglia superiore  
STB di soglia inferiore



Obiettivi di un programma di manutenzione: garantire affidabilità e la disponibilità di un componente

Piano di monitoraggio di invecchiamento , quali controlli vengono effettuati ( es. controlli spessimetrici, ultrasuoni, ecc..) e come viene stabilita la periodicità (solo di legge??)

# L'importanza dell'analisi dell'esperienza operativa



identificazione elementi critici  
azioni preventive  
(anomalie)

loss prevention  
(quasi incidenti)

azioni protettive  
(incidenti)

**AFFIDABILITA' – DISPONIBILITA' - MANUTENZIONE**

## Le Ispezioni

Il controllo operativo, la gestione della manutenzione, dell'invecchiamento negli impianti: modalità di conduzione delle ispezioni

Verifica del controllo operativo: Identificazione degli impianti e delle apparecchiature soggette ai piani di verifica - procedure operative in condizioni normali, anomale e di emergenza – procedure di manutenzione (Lista di riscontro allegato 3a D.Lgs 105/15).

- 
- Verificare che il criterio adottato per individuare gli **elementi critici** di impianto abbia tenuto conto della valutazione dei pericoli e della realtà di stabilimento.
  - Verificare che il gestore abbia individuato in maniera sistematica i componenti critici, sulla base del criterio adottato.
  - Verificare che gli elementi critici individuati siano inseriti nei programmi di manutenzione, di ispezione e di controllo periodici, in relazione alla loro **affidabilità**, come assunta nella valutazione dei rischi, ovvero al loro **tempo di vita** o alle **frequenze di guasto specificati dal fornitore o stabiliti in base all'esperienza di funzionamento, e ai risultati dei controlli precedenti.**
  - Verificare che sia stato previsto un piano di monitoraggio e controllo dei **rischi legati all'invecchiamento** (corrosione, erosione, fatica, scorrimento viscoso) di apparecchiature e impianti che possono portare alla **perdita di contenimento di sostanze pericolose**, comprese le necessarie misure correttive e preventive.

Alcuni cenni di affidabilità e disponibilità per la gestione dei processi manutentivi

Nella sicurezza dei sistemi complessi, i concetti chiave sono:

***Affidabilità***  
***Disponibilità***

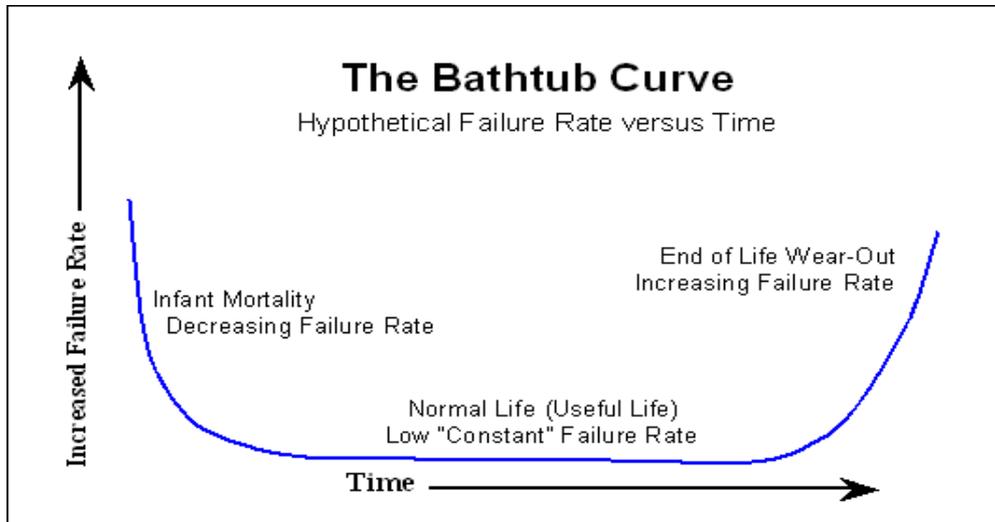
Sono importanti parametri di prestazione del sistema, rispetto alla sua capacità di realizzare la missione richiesta in un dato periodo di tempo

**Affidabilità**: quantifica la **capacità di raggiungere l'obiettivo desiderato senza errori**;

**Disponibilità**: quantifica la **capacità di compiere la missione assegnata in quel momento specifico del suo tempo di vita**

## Alcuni cenni di affidabilità e disponibilità per la gestione dei processi manutentivi

### Descrizione della vita dei componenti



- Tasso di guasto: numero di guasti di un componente per unità di tempo
- Affidabilità: probabilità che un componente o sistema funzioni per un determinato intervallo di tempo
- Disponibilità: probabilità che il sistema sia in grado di svolgere la sua funzione per il tempo di missione assegnato

La curva a “vasca da bagno” descrive l’andamento del rateo di guasto  $\lambda$  in funzione del tempo e consente la classificazione dei guasti dei componenti :

- infantili: guasti dovuti a difetti di costruzione
- casuali o accidentali: guasto durante il periodo di vita utile (numero minimo di guasti e pressoché costante)
- da usura: guasti causati dal danneggiamento del componente per sollecitazioni durante il funzionamento (vibrazioni, alte temperature ecc..)

# L'importanza della gestione della manutenzione

La funzione che definisce il rischio che un componente si guasti al tempo T è:

$$h_T(t)dt = P(t < T \leq t + dt | T > t) = \frac{P(t < T \leq t + dt)}{P(T > t)} = \frac{f_T(t)dt}{R(t)}$$

Dove:

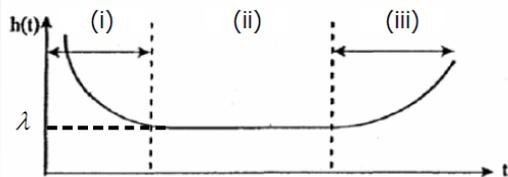
T = Tempo di guasto di un componente (variabile casuale)

cdf =  $F_T(t)$  = probabilità di guasto prima del tempo t:  $P(T < t)$

pdf =  $f_T(t)$  = funzione densità di probabilità al tempo t:  $f_T(t)dt = P(t < T < t + dt)$

ccdf =  $R(t)$  =  $1 - F_T(t)$  = affidabilità al tempo t:  $P(T > t)$

$h_T(t)$  = funzione di rischio, o del rateo di guasto, al tempo t



**DISTRIBUZIONE ESPONENZIALE**  $h_T(t) = \lambda, t \geq 0$

Distribuzione caratterizzata da un tasso di rischio costante  
Ampiamente usata in affidabilità per descrivere la **parte costante** della curva

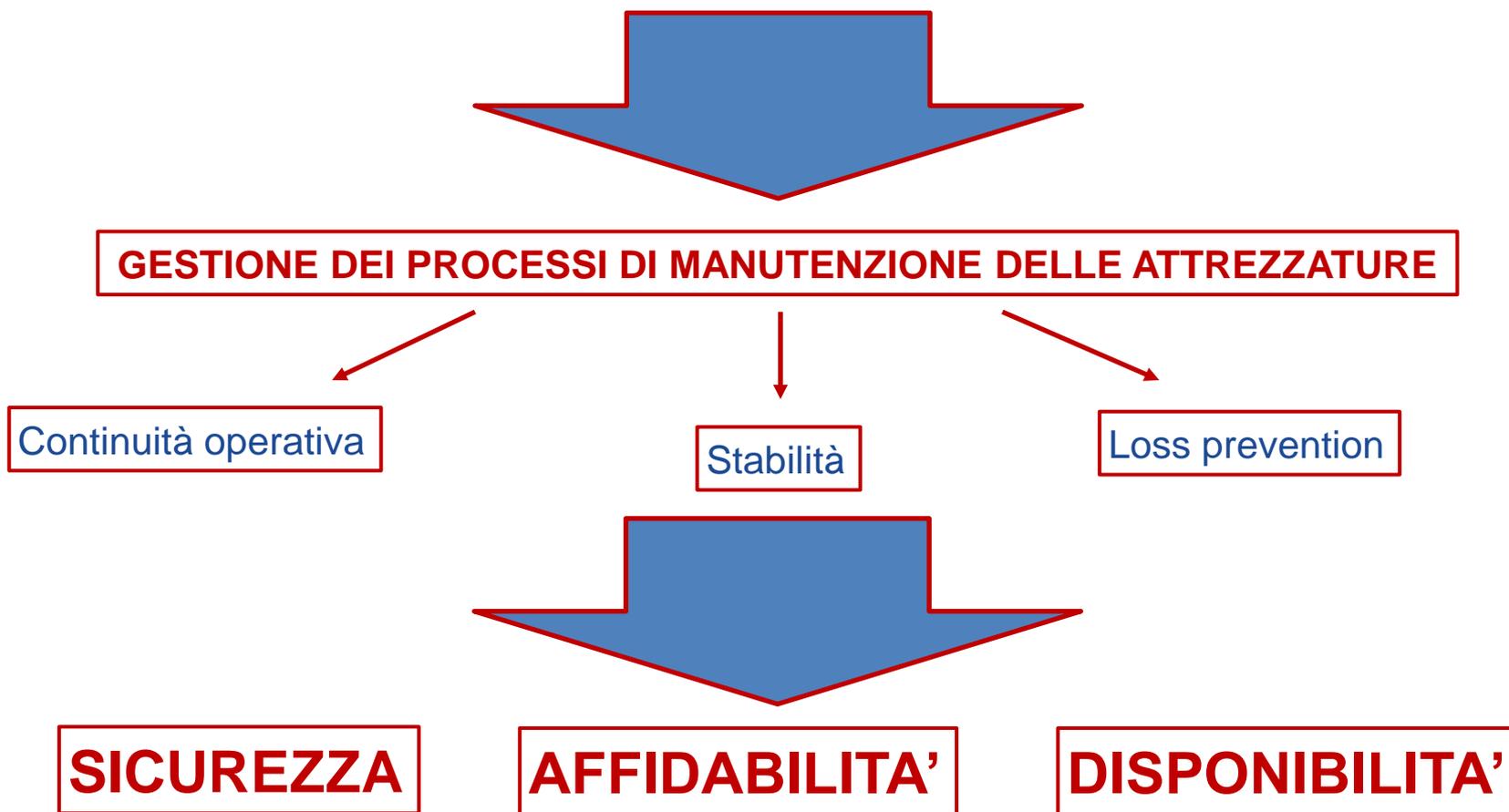
**Affidabilità**  $R(t) = e^{-\lambda t}$

**Disponibilità**  $X(t)$  tale che:

$$\left\{ \begin{array}{l} X(t) = 1 \text{ quando il sistema funziona al tempo } t \\ X(t) = 0 \text{ quando il sistema è guasto al tempo } t \end{array} \right.$$

## Politica per la prevenzione degli incidenti rilevanti

Per gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante è quindi fondamentale il controllo e mantenimento del grado di rischio a livelli accettabili, attraverso una politica della sicurezza centrata prevalentemente sulla PREVENZIONE.



# Gli stabilimenti a Rischio di Incidente Rilevante in Emilia Romagna

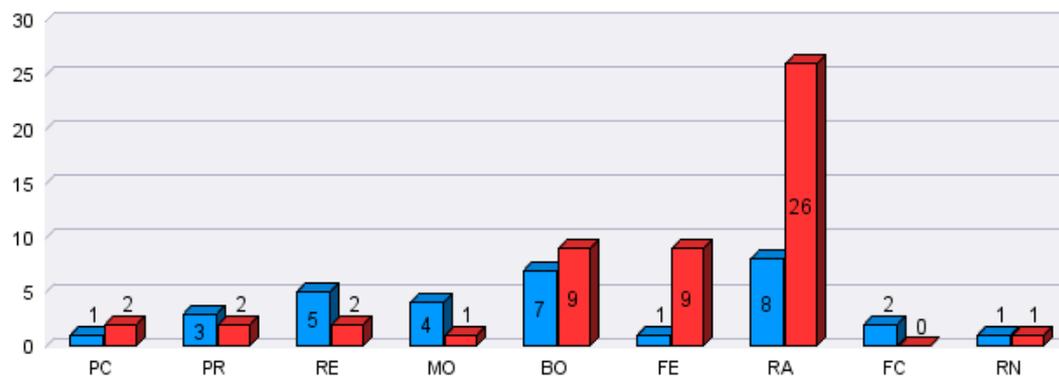


84 STABILIMENTI -RIR-

Soglia Assoggettabilità - D.Lgs.105/2015

■ Soglia inferiore ■ Soglia superiore

## Numero di Stabilimenti RIR in esercizio



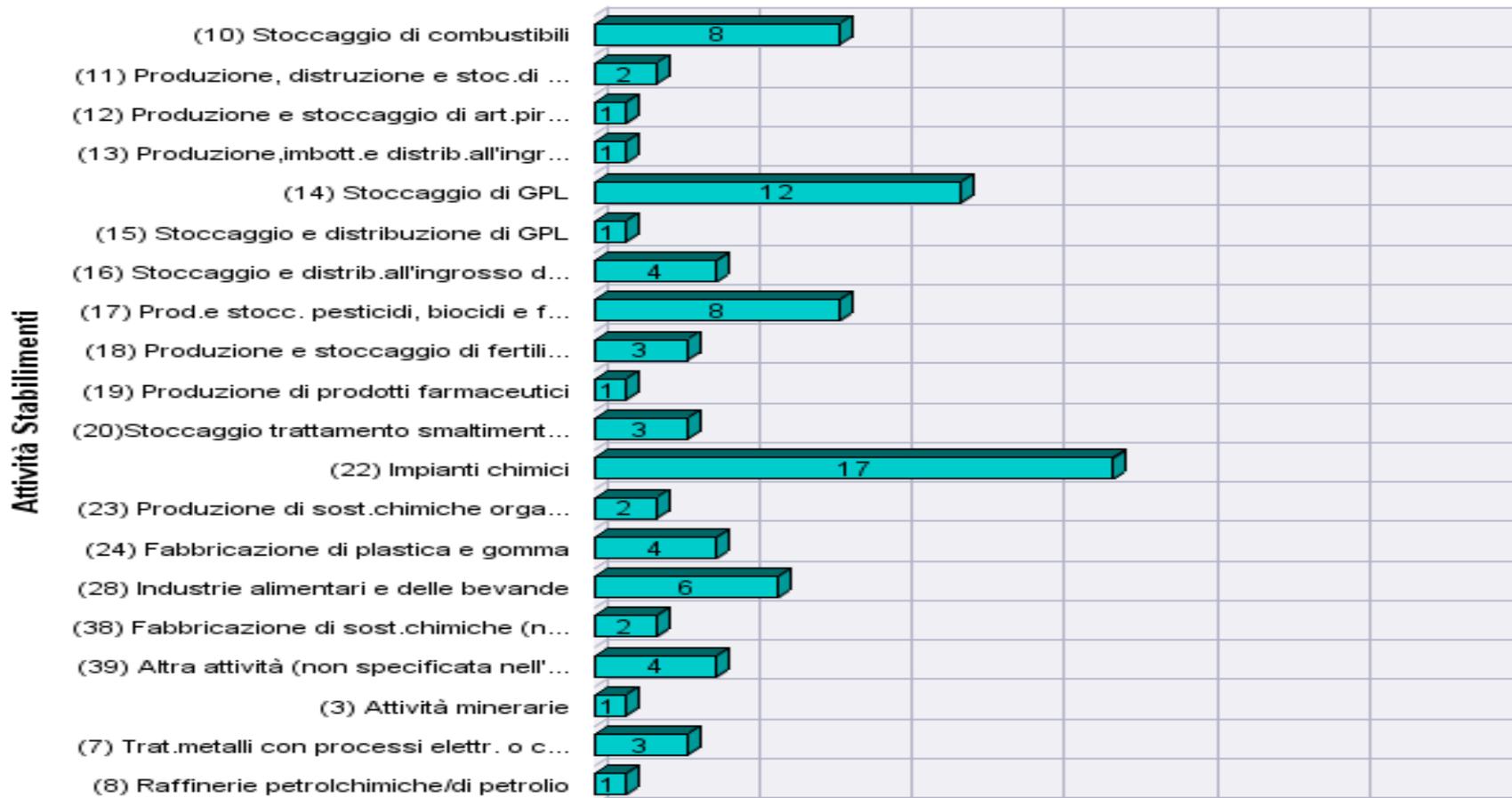
Soglia Assoggettabilità - D.Lgs.105/2015

■ Soglia inferiore ■ Soglia superiore

## Stabilimenti RIR in esercizio - Distribuzione per Provincia e soglia

*Dati desunti dal catasto degli stabilimenti a Rischio di Incidente Rilevante di ARPAE -CTR RIR-*

## Gli stabilimenti a Rischio di Incidente Rilevante in Emilia Romagna



**Regione Emilia Romagna - Stabilimenti RIR in esercizio per tipologia di attività**

*Dati desunti dal catasto degli stabilimenti a Rischio di Incidente Rilevante di ARPAE -CTR RIR-*

## Risultati delle Ispezioni 2017

### le principali criticità riscontrate in riferimento al controllo operativo (manutenzione e invecchiamento delle apparecchiature)

#### STB Soglia inferiore

- *Individuazione elementi critici*  
Non risultano definiti i criteri per l'identificazione degli elementi critici
- *Programma di manutenzione*  
Non risultano definiti in procedura i criteri per stabilire la periodicità della manutenzione (preventiva e predittiva)  
Risultano previsti i soli controlli previsti per legge
- *Monitoraggio invecchiamento delle apparecchiature*  
Non risulta implementata una procedura per il monitoraggio dell'invecchiamento delle apparecchiature .  
Alcuni Rapporti di Ispezione non riportano riferimenti alla gestione del processo di monitoraggio dell'invecchiamento delle apparecchiature

Risultano individuati gli elementi critici desunti dall'analisi dei rischi indicata nella Scheda Tecnica. E' predisposto il programma di manutenzione che prevede l'elenco delle apparecchiature critiche. La periodicità della manutenzione degli elementi critici è definita dalle norme di legge, esperienza operativa, risultati dei controlli quantitativi precedenti.

## Risultati delle Ispezioni 2017

### le principali criticità riscontrate in riferimento al controllo operativo (manutenzione e invecchiamento delle apparecchiature)

#### STB Soglia Superiore

- Individuazione elementi critici

Non risultano definiti i criteri per l'identificazione degli elementi critici

Gi elementi critici non risultano chiaramente individuati e correlabili alle risultanze dell' analisi di rischio.

- Programma di manutenzione

Non risultano definiti in procedura i criteri per stabilire la periodicità della manutenzione.

Risultano garantiti i soli controlli previsti per legge

Periodicità dei controlli effettuati non correlabile a quella programmati

- Monitoraggio invecchiamento delle apparecchiature

Non risultano esplicitati i criteri per stabilire il piano di monitoraggio dei rischi legati all'invecchiamento delle attrezzature

Non risulta implementata una procedura per il monitoraggio dei rischi legati all'invecchiamento delle apparecchiature e il programma di controllo.

La periodicità dei controlli mirati alla valutazione dell' invecchiamento delle attrezzature e degli impianti viene stabilita in termini di scadenze legislative

Gli elementi critici sono inseriti in piani di manutenzione e scaturiscono dall'analisi dei rischi, i criteri su cui è basata la programmazione riguardano le indicazioni del fornitore dell'apparecchiatura, l'esperienza operativa, le risultanze dei controlli precedenti.

Programma di manutenzione basato sulla Risk Based Inspection in applicazione della API 581 .

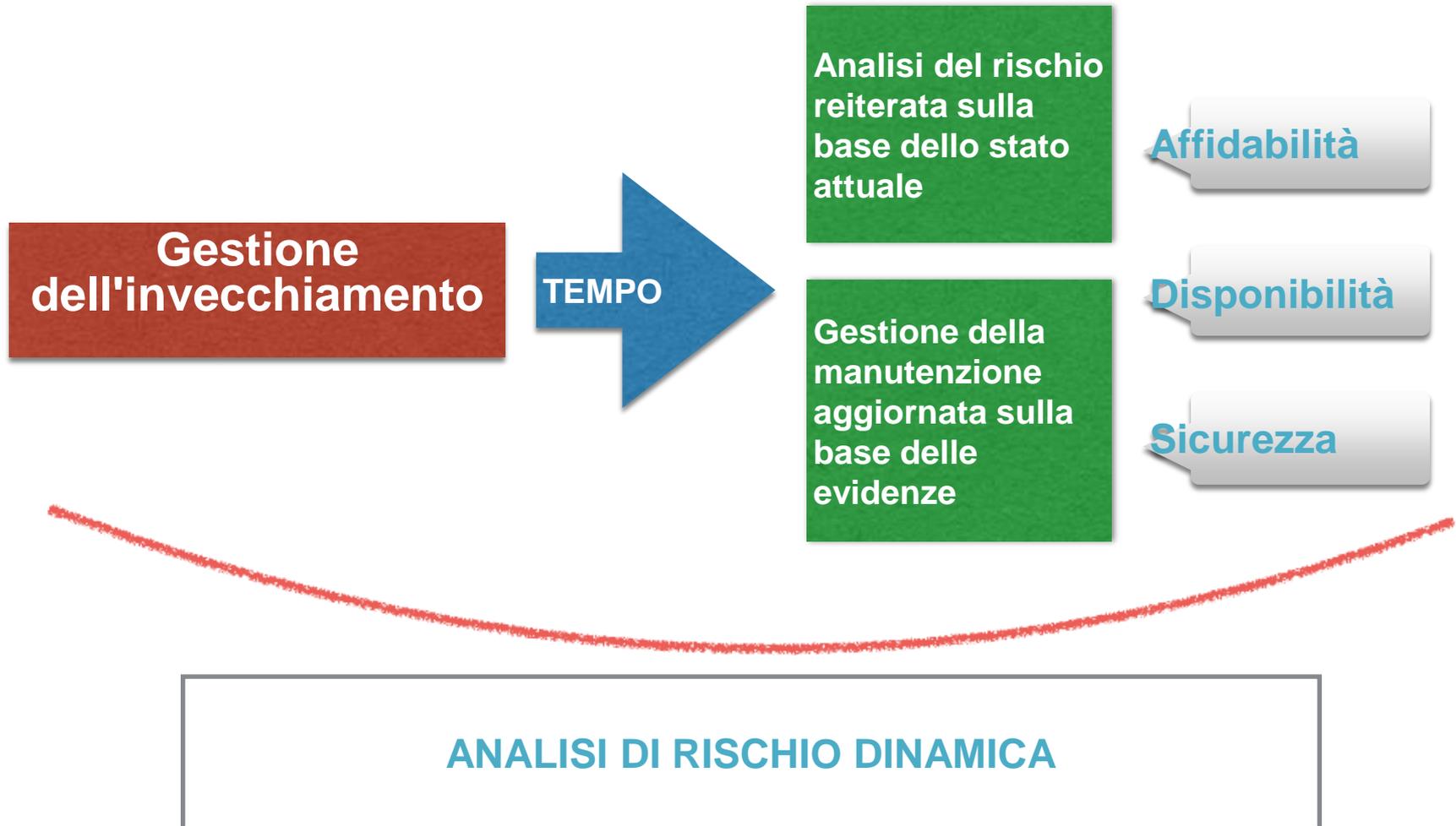
Verifiche effettuate: emissione acustica, liquidi penetranti ecc..

Il controllo operativo, la gestione dell'invecchiamento negli impianti:  
Linee guida per la valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di  
Gestione dell'invecchiamento delle attrezzature ”

Con la gestione dell'invecchiamento, si introduce il fattore "tempo"  
nell'analisi del rischio, e questo apre ad una serie di sviluppi:

- I dati affidabilistici si aggiornano sulla base dei controlli effettuati, quindi il sistema regola costantemente la gestione manutentiva, in base alle azioni che si compiono
- L'analisi di rischio viene reiterata sulla base dei nuovi dati: si passa dal concetto di danno, ad un concetto di rischio dinamico, più attinente allo stato reale dell'impianto, e più rappresentativo nel processo decisionale in merito ad azioni preventive e protettive
- Analizzando i dati di volta in volta aggiornati, si può creare un sistema predittivo, basato su una probabilità non più frequentista, ma inferenziale condizionata (statistica Bayesiana). Questo conduce ad un sistema operativo e gestionale fondato sull'anticipazione degli eventi sulla base della configurazione momento dopo momento.

# La gestione dell'invecchiamento negli impianti a rischio di incidente: prospettive future



# La gestione dell'invecchiamento

- **Fase post-commissioning** (iniziale): quando un'attrezzatura è messa in servizio potrebbero manifestarsi i ratei di danno più alti per due motivi principali:
  - difetti dovuti alla progettazione, ai materiali scelti, alla fabbricazione, alle saldature difettose, alle dimensioni sbagliate e alle condizioni ambientali. Molti di questi problemi possono essere eliminati con appropriati **controlli**.
  - assestamenti, installazione sbagliata, manipolazione poco attenta durante il montaggio dell'apparecchiatura stessa. Molti di questi problemi possono essere gestiti attraverso la **manutenzione ordinaria**.
- **Fase risk-based** (maturità): inizia dopo la prima verifica ed è quella in cui l'attrezzatura è affidabile e con un basso rateo di guasto, come pure un danno accumulato relativamente basso.
  - Verifiche, ispezioni e manutenzione generalmente servono a confermare queste ipotesi e la loro periodicità si basa sulla **RBI**.
- **Fase deterministica** (invecchiamento): è quella in cui i danni si accumulano e si manifestano segni di danno e di invecchiamento con un aumento del rateo di guasto.
  - In questa fase è fondamentale determinare quantitativamente il rateo di danno così da stimare la vita residua attraverso il **FFS**.
- **Fase monitorata** (terminale): quando il danno accumulato dell'apparecchiatura diventa rilevante occorre che questa sia riparata, ristrutturata, sostituita o dismessa.

Il D. Lgs. 105/15 impone di prevedere un **piano di monitoraggio, controllo e gestione dei rischi legati all'invecchiamento** (corrosione, erosione, fatica, scorrimento viscoso, ...) **di apparecchiature e impianti che possono portare alla perdita di contenimento di sostanze pericolose.**

**RBI:** permette di **RIDURRE** le probabilità di accadimento

**FFS:** permette di **QUANTIFICARE** le probabilità di accadimento

### STRUMENTI OPERATIVI DI SUPPORTO PER LA GESTIONE DELL'AFFIDABILITA' DI IMPIANTI E PROCESSI

Il gestore **deve considerare le modifiche subite dalle attrezzature in termini di:**

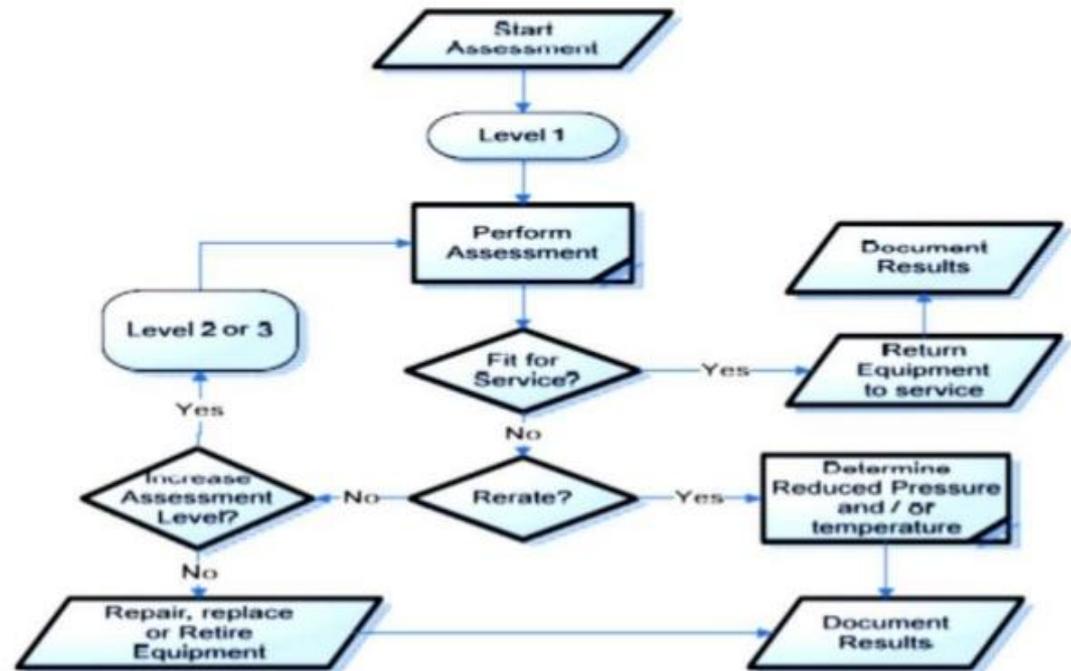
- **grado di deterioramento**
- **danno subito.**

Questi fattori comportano un aumento della probabilità di guasti, compromettendo **funzionalità, disponibilità e affidabilità.**

# FFS – Fitness For Service

Le procedure di FFS hanno lo scopo di **valutare la criticità di difetti strutturali presenti in un componente, e l'esercibilità del componente stesso in condizioni di lavoro assegnate secondo criteri oggettivi.**

- **Esami non distruttivi**
- **Caratterizzazione delle proprietà meccaniche dei materiali**
- **Analisi termomeccaniche con FEM**



Tutti questi elementi sono interfacciati con le note tecniche di identificazione del rischio (**FMEA / FMECA, HAZOP, ...**)

Con l'applicazione di queste tecniche di calcolo si può valutare **l'integrità e l'ulteriore esercibilità** di componenti che presentano, ad esempio, corrosione generalizzata, cricche, fatica, ...

# RBI – Risk Based Inspection

## RBI Process



Il **RISCHIO** è la base per l'identificazione delle priorità di intervento

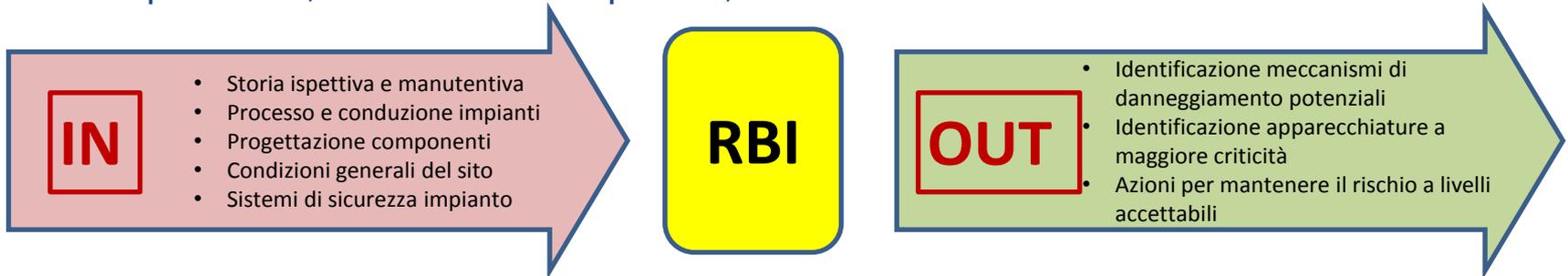
Le attività ispettive sugli impianti di processo vengono impostate e programmate anche con riferimento al **rischio insito negli stessi**.

La valutazione del rischio si basa sulla nota formula

**Rischio = Probabilità x Conseguenza**

Le **conseguenze** vengono valutate attribuendo un peso diverso agli aspetti economici, ambientali, di salute, ...

La **probabilità** viene determinata in funzione della vita trascorsa e dell'efficacia degli interventi di gestione del processo, delle modalità ispettive, della manutenzione.



# RBI – Risk Based Inspection

La **probabilità** è caratterizzata da **6 fattori**:

- **Quantità di apparecchiature** (fattore apparecchiature): relativo alla quantità di apparecchiature dell'unità potenzialmente soggette a rottura.
- **Meccanismi di danno** (fattore danno): è una misura del rischio associato ai meccanismi di danno noti nell'unità.
- **Validità delle ispezioni** (fattore ispezione): è un indicatore dell'efficacia degli usuali programmi di ispezione e della loro capacità di identificare i meccanismi noti o ipotizzati di danno nell'unità.
- **Condizione usuale dell'apparecchiatura** (fattore condizione): tiene conto delle condizioni dell'apparecchiatura dal punto di vista manutentivo e del suo stato generale.
- **Natura del processo** (fattore processo): è una misura della possibilità che si verifichino condizioni anomale che possono condurre ad una perdita di contenimento. Varia in funzione delle fermate programmate e non dell'impianto, della stabilità del processo, e della probabilità di mancato funzionamento dei sistemi protettivi.
- **Progettazione del componente** (fattore progettazione meccanica): è riferito ai fattori di sicurezza assunti in fase di progetto e alle caratteristiche di questo.

La somma di questi fattori costituisce il **FATTORE DI PROBABILITA'** complessivo.

# RBI – Risk Based Inspection

La categoria delle **conseguenze** è caratterizzata da due aspetti:

- CONSEQUENZA DEL DANNO (connessa al **rischio di incendio e esplosione**)
- CONSEQUENZA SULLA SALUTE (connessa al **rilascio di sostanze tossiche**)

La **CONSEQUENZA DEL DANNO** è derivata dalla combinazione di:

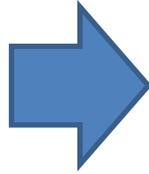
- **Infiammabilità** (fattore chimico): velocità con la quale la sostanza vaporizzata può esplodere se innescata.
- **Quantità rilasciata** (fattore quantità): quantità massima che può essere rilasciata.
- **Capacità di vaporizzare** (fattore stato): velocità con la quale la sostanza vaporizza.
- **Possibilità di autoaccensione** (fattore autoaccensione).
- **Pressioni elevate** (fattore pressione).
- **Sicurezze ingegneristiche** (fattore credito).
- **Grado di esposizione al danno** (fattore danno potenziale): valore delle apparecchiature poste in prossimità di sostanze infiammabili.

La **CONSEQUENZA SULLA SALUTE** è derivata da:

- **Quantità e livello di tossicità** (fattore quantità tossica): quantità e tossicità della sostanza.
- **Capacità di dispersione** (fattore dispersione): facilità di dispersione relativa al punto di ebollizione.
- **Sistemi di rilevamento e contenimento** (fattore credito).
- **Densità di popolazione nei dintorni** (fattore popolazione).

# RBI – Risk Based Inspection

- RA qualitativa
- RA quantitativa
- RA semi-quantitativa



**RIDUZIONE DEL RISCHIO**

Esistono tre percorsi per la riduzione del rischio:

- Strada della **protezione**, con interventi atti a ridurre le conseguenze. Non modifica la frequenza!
  - Incremento dei sistemi di sicurezza dell'impianto;
  - Incremento degli accessori di sicurezza;
  - Modifica del lay-out d'impianto.
- Strada della **prevenzione**, con interventi atti a ridurre la probabilità. Non modifica la magnitudo del danno!
  - Tipologie dei controlli periodici;
  - Frequenza e tipologia degli interventi manutentivi;
  - Modifica della metallurgia dei materiali impiegati;
  - Modifica delle condizioni di esercizio.
- Strada **mista**, con interventi sia di prevenzione che di protezione.

# La gestione dell'invecchiamento

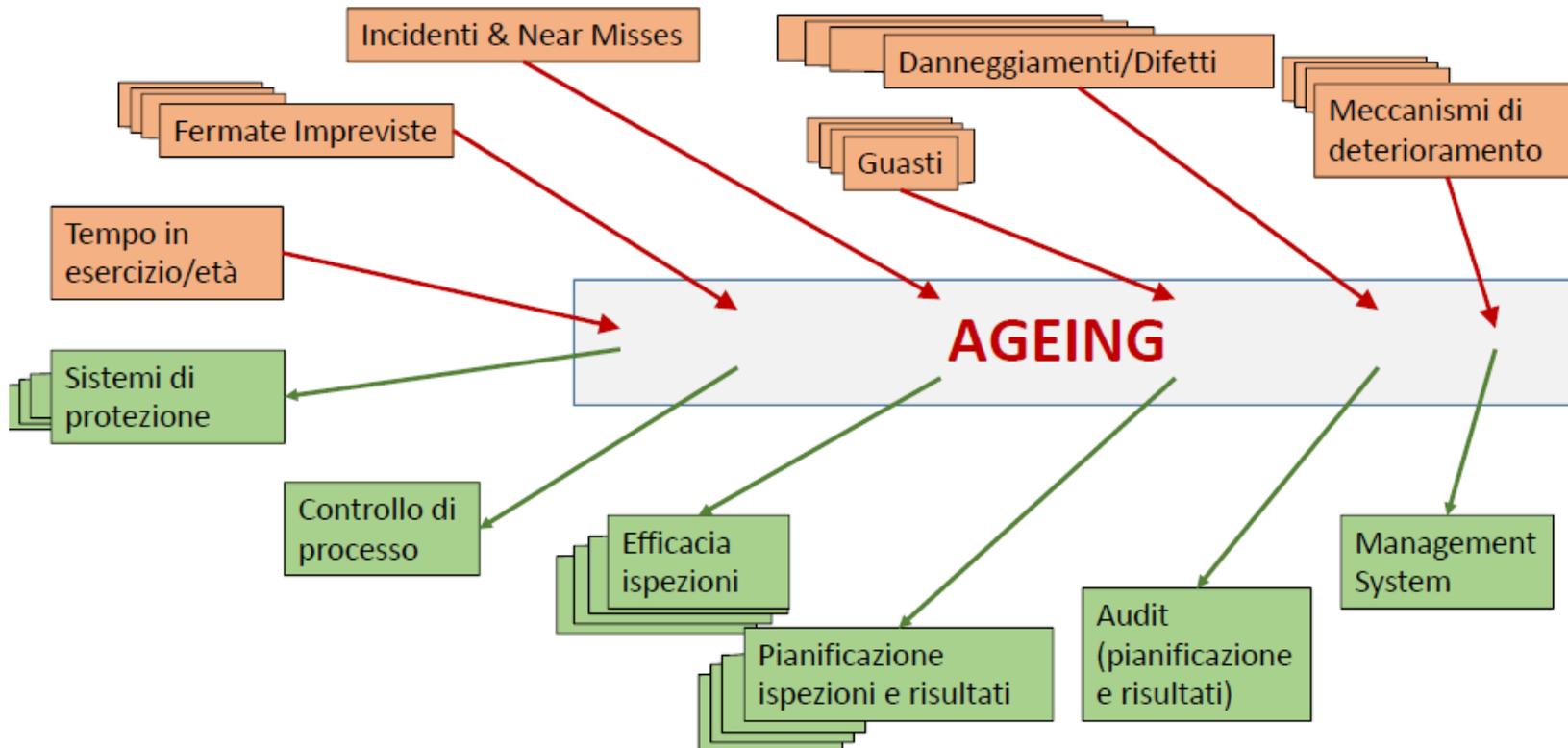
L'**invecchiamento** non è connesso solo all'età dell'attrezzatura, ma anche, e soprattutto, alle **modifiche che la stessa ha subito nel tempo**, in termini di **grado di deterioramento e/o di danno subito**.

Come detto:

**l'età di un componente influenza il processo di guasto in modo che il tasso di rischio non rimanga costante per tutta la durata di vita**



# L'invecchiamento – metodo di verifica



**... PER OGNI APPARECCHIATURA CRITICA  
(dove applicabile)**

# Una nuova prospettiva sul rischio industriale: DRA (Dynamic Risk Analysis)

La storia dei processi di ingegneria ad alto rischio ci dice che sono stati apportati notevoli miglioramenti di sicurezza valutando e analizzando i rapporti di incidente e gli errori.

La **resilienza** è la capacità di adattarsi alle condizioni mutevoli, senza perdita catastrofica, in particolare connessi a sistemi complessi vulnerabili a più guasti. La resilienza può essere vista come una proprietà emergente di ciò che un sistema di ingegneria fa, piuttosto che una proprietà statica del sistema. **Sensing, anticipazione, apprendimento, adattamento** possono essere adottate come parole chiave per una buona resilienza.

**LA SICUREZZA È LA SOMMA DEGLI INCIDENTI CHE NON SI VERIFICANO**

(Hollnagel, *Resilience – The Challenge of the Unstable*)



# Una nuova prospettiva sul rischio industriale: DRA (Dynamic Risk Analysis)

Esistono sostanzialmente tre approcci per valutare «gli incidenti non occorsi»:

- **Modello lineare semplice (1931)**: descrive gli incidenti come la propagazione lineare di una catena di cause e effetti. In questo approccio, un incidente è un disturbo inflitto ad un sistema stabile. Se si utilizza un modello lineare semplice di analisi degli incidenti, la valutazione del rischio è una previsione lineare, come un albero degli eventi, che rappresenta un incidente futuro a causa di possibili guasti in una sequenza prestabilita di eventi. La radice è l'evento iniziale e le foglie sono l'insieme di possibili risultati. **Questo approccio rafforza il malinteso che gli incidenti abbiano una causa fondamentale e che questa causa principale possa essere trovata percorrendo all'indietro l'evento attraverso la catena: suggerisce erroneamente che la sicurezza del sistema possa essere implementata interrompendo la sequenza lineare.**
- **Swiss cheese model (1990)**: Un archetipo di un modello più complesso ma sempre lineare è lo swiss cheese model, proposto nel 1990 da Reason. In questo **modello complesso lineare**, i disagi sono considerati come i risultati delle interrelazioni tra atti pericolosi e condizioni latenti pericolose, che sono i fori del formaggio. Qui la causalità non è più una singola propagazione lineare degli effetti, ma l'attenzione rimane su strutture o componenti, piuttosto che sulle funzioni del sistema complessivo. La valutazione del rischio è una **previsione condizionale: un albero di guasto**; descrive l'incidente come risultato di una serie di condizioni logiche, necessarie e sufficienti per produrre l'evento principale, l'incidente. Alberi degli eventi e alberi dei guasti possono essere adeguati per piccoli incidenti; la maggior parte di essi sono dovuti a concorrenze complesse di fattori multipli.

## Una nuova prospettiva sul rischio industriale: DRA (Dynamic Risk Analysis)

- **Modello non lineare:** La vera sfida è riconoscere che **i sistemi complessi sono dinamici** e devono essere in grado di regolare le loro prestazioni in base alle condizioni che si presentano. L'approccio di analisi degli incidenti dovrebbe essere non lineare, per sistemi complessi e dinamici. Un termine usato per descrivere un'aggregazione di condizioni o di eventi, in questo terzo modello, è la concorrenza, che è la proprietà temporale di due o più cose che si verificano contemporaneamente e che si affliggono l'un l'altro. **I sistemi complessi devono essere dinamicamente stabili**: le oscillazioni della stabilità devono sempre rimanere sotto controllo.

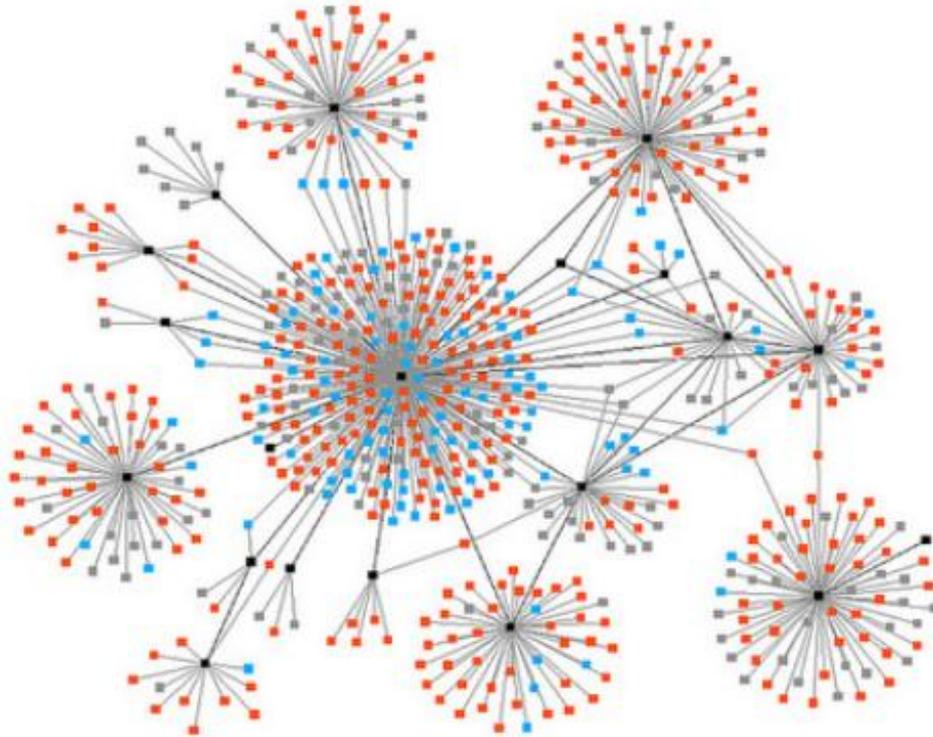
**L'essenza della RESILIENZA è, da questo punto di vista, la capacità del sistema di mantenere o di recuperare uno stato dinamicamente stabile, che consente di continuare le operazioni.**



# Una nuova prospettiva sul rischio industriale: DRA (Dynamic Risk Analysis)

I sistemi dinamici hanno tre caratteristiche fondamentali:

1. Hanno proprietà autoorganizzative
2. Sono non lineari
3. Hanno pattern emergenti



In un sistema dinamico, l'esistenza di **proprietà emergenti**, fa sì che un **cambiamento**, anche **piccolo**, dallo stato iniziale, aumenti **esponenzialmente** col passare del tempo, in modo **non semplicemente prevedibile**

# Una nuova prospettiva sul rischio industriale: DRA (Dynamic Risk Analysis)

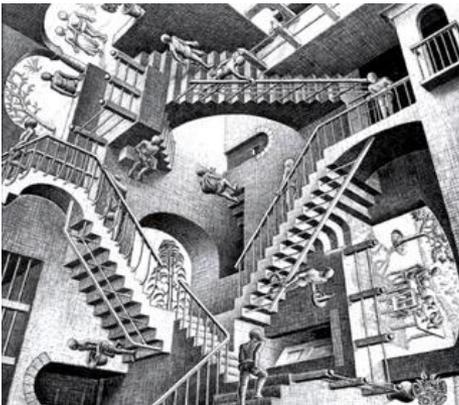
La nuova prospettiva, quindi, deve essere il passaggio dal riduzionismo alla complessità delle proprietà emergenti

**Non possiamo spiegare tutte le proprietà di un sistema attraverso un processo di riduzione, perché i sistemi complessi hanno proprietà che non possono essere detratte dalle proprietà dei componenti.**

Le forze deterministiche e stocastiche lavorano insieme.

È chiaro, quindi, che l'analisi dei rischi classica è ormai inadeguata per proteggere completamente le funzioni e i componenti di sistema, proprio perché nei sistemi complessi i pericoli possono essere largamente sconosciuti (perché emergenti); **e se i pericoli sono sconosciuti, l'analisi del rischio è sostanzialmente impossibile.**

Il rischio emerge attraverso interazioni non lineari tra i componenti del sistema.



**Gli approcci alla resilienza richiedono la preparazione per l'inaspettato, mentre l'analisi del rischio inizia dalla premessa che tutti i rischi siano identificabili.**

***Grazie dell'attenzione***