

## IV° Seminario di Aggiornamento per ISPETTORI AMBIENTALI ISPRA, 16/09/2020

# Valutazione delle problematiche di invecchiamento del parco impianti nazionale

***Ing. Romualdo Marrazzo***

*Servizio per i Rischi e la Sostenibilità Ambientale delle Tecnologie, delle Sostanze Chimiche,  
dei Cicli Produttivi e dei Servizi Idrici e per le Attività Ispettive (VAL-RTEC)*

*ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*

---

# Programma e tematiche

---

- 1. Introduzione e normativa**
- 2. Incidenti industriali e invecchiamento impianti: alcuni casi nazionali**
- 3. Esempi di buone pratiche: il sistema di contenimento primario**
- 4. L'analisi delle ispezioni sul SGS**
- 5. Conclusioni e linee di indirizzo**

Riferimenti normativi, standard nazionali e linee guida concernenti  
l'ageing

# 1. Introduzione e normativa

- **Allegato 3** (informazioni relative al SGS-PIR)
  - Tra gli **elementi** di cui tener conto ai fini **dell'attuazione del SGS** sono trattati gli aspetti del **controllo operativo**:  
...monitoraggio e controllo dei **rischi legati all'invecchiamento delle attrezzature** installate nello stabilimento **e alla corrosione...**
- **Allegato B** (LG per attuazione del SGS-PIR)
  - Tra i **contenuti tecnici del SGS**, elemento fondamentale è il **controllo operativo**: ...Devono, inoltre, 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...
- **Allegato H** (Criteri per svolgimento ispezioni)
  - **Liste di riscontro** per ispezioni SGS-PIR (**4.i**)

# Standard nazionali di settore

---

- **Standard nazionali** per implementazione del SGS: lo “stato dell’arte” nel D.Lgs.105/2025
  - **UNI 10617** “Stabilimenti con pericolo di incidente rilevante - Sistemi di gestione della sicurezza - Requisiti essenziali”
  - **UNI 10616** “Impianti a rischio di incidente rilevante - Sistemi di gestione della sicurezza - Linee guida per l'attuazione della UNI 10617”
  - **UNI 10672** “Impianti di processo a rischio di incidente rilevante. Procedure di garanzia della sicurezza nella progettazione”
  - **UNI 11226** “Impianti a rischio di incidente rilevante - Sistemi di gestione della sicurezza - Parte 1 e Parte 2 (audit)”

# Normativa tecnica di settore

---

- **Standard tecnici** per attrezzature in pressione e metodologie di ispezione e controllo
  - **UNI/TS 11325-8** “Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 8: Pianificazione delle manutenzioni su attrezzature a pressione attraverso metodologie basate sulla valutazione del rischio (RBI)”
  - **UNI/TS 11325-9** “Attrezzature a pressione - Messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature e degli insiemi a pressione - Parte 9: Idoneità al servizio (Fitness For Service)”
  - **API RP 581** “Risk-Based Inspection Technology”
  - **API 579 1/ASME FFS-1** “Fitness for service assessment standard”
  - **EEMUA 159** “Above ground flat bottomed storage tanks. A guide to inspection, maintenance and repair”

- **LLGG** *“Valutazione sintetica dell’adeguatezza del programma di gestione dell’invecchiamento delle attrezzature negli stabilimenti Seveso”*
  - Strumento pratico per **verificare** che il gestore abbia predisposto i **piani di monitoraggio** e controllo dei rischi **invecchiamento**
  - Metodo basato sull’attribuzione di **penalità e compensazioni**, che propone al gestore la scelta tra diverse **misure di controllo da adottare** in proporzione alla propensione **all’invecchiamento risultante**
  - Può essere utilizzato autonomamente dal gestore, anche ai fini di **verifica/controllo/conferma delle metodologie già in utilizzo** in stabilimento

L'analisi di alcuni eventi incidentali industriali, occorsi presso stabilimenti chimici e petrolchimici, ha evidenziato come i meccanismi di ageing siano stati identificati quali cause significative, in termini di fattori tecnici e gestionali correlati al controllo operativo del SGS

## **2. Incidenti industriali e invecchiamento impianti: alcuni casi nazionali**



# Cause tecniche e organizzative nell'accadimento di IR: corrosione e manutenzione



Table 3. Number of runaway accidents in MARS with technical and physical causes.

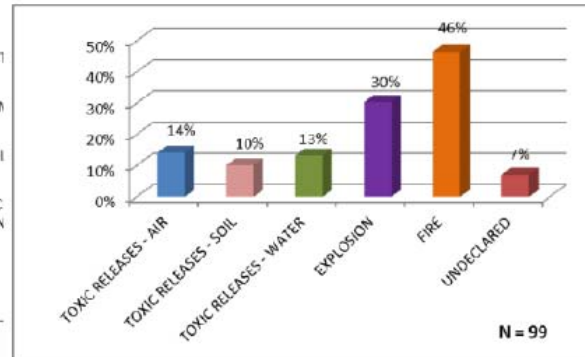
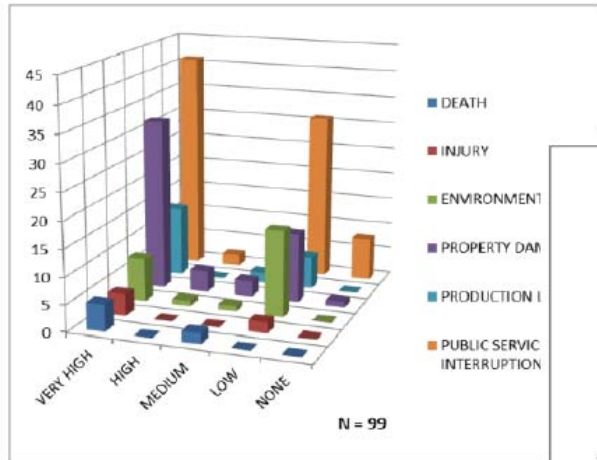
Technical and physical causes	Total	%
Unexpected reaction/phase transition	30	22.9
Runaway reaction	21	16
Component/machinery failure/malfunction	13	9.9
Vessel/container/containment equipment failure	12	9.2
Electrostatic accumulation	9	6.9
Instrument/control/monitoring device failure	7	5.3
Loss of process control	6	4.6
Corrosion/fatigue	6	4.6
Blockage	4	3.1
Utilities failure (electricity, gas, water, steam air, and so on)	4	3.1
Natural event (weather, temperature, earthquake, and so on)	3	2.3
Other	3	2.3
Transport accident	1	0.8



Table 4. Number of runaway accidents in MARS with human and organizational causes

Human and organizational causes	Total	%
Process analysis (inadequate, incorrect)	53	40.5
Organized procedures (none, inadequate, inappropriate, unclear)	49	37.4
Design of plant/equipment/system (inadequate, inappropriate)	42	32.1
Operator error	36	27.5
Training/instruction (none, inadequate, inappropriate)	26	19.8
Management organization inadequate	13	9.9
Management attitude problem	9	6.9
Supervision (none, inadequate, inappropriate)	7	5.3
Maintenance/repair (none, inadequate, inappropriate)	7	5.3
Testing/inspecting/recording (none, inadequate, inappropriate)	5	3.8
User unfriendliness (apparatus, system, and so on)	3	2.3
Staffing (inadequate, inappropriate)	2	1.5
Manufacture/construction (inadequate, inappropriate)	2	1.5
Installation (inadequate, inappropriate)	2	1.5
Isolation of equipment/system (none, inadequate, inappropriate)	2	1.5
Other	2	1.5

# Il problema "corrosione" negli incidenti industriali



JRC SCIENTIFIC AND POLICY REPORTS

99 incidenti gravi nelle  
raffinerie, dovuti a  
fenomeni di di corrosione,  
con 67 morti, 219  
infortunati, 700+ M€  
danni, 700+ M€ bonifiche,



Nella sola Francia in vent'anni oltre 300  
incidenti registrati, dovuti alla «corrosione»,  
in tutti i settori industriali



## Raffineria, 30/04/2006 “Incendi ed esplosioni in tubazioni”

---

- Descrizione: **Rilascio di greggio** da tubazione trasferimento nel **sottopassaggio** della strada che attraversa lo stabilimento. Sviluppo incendio da innesco accidentale con **coinvolgimento di tubazioni** di altri gestori e successive **esplosioni** (effetto domino)
- Cause: **Età** (più di 25 anni) e **stato di conservazione** della tubazione (fenomeni di corrosione progressiva)
- Azioni intraprese: **Ispezioni visive** e progettazione azioni correttive. Necessità attività **ricostruzione**
- Azioni previste/programmate: **Analisi di rischio** specifiche. Richieste AA.CC. in seguito a **istruttoria**. Revisione **piano di ispezione e controllo** tubazioni



# Incendi ed esplosioni in raffineria





# Il rack di tubazioni a seguito evento



- Descrizione: Fuoriuscita di **greggio da lesione sul fondo** di serbatoio TG e conseguente **rilascio** all'interno del **bacino** di contenimento
- Cause: Elevata **corrosione e area deteriorata**
- Azioni intraprese: **Isolamento** serbatoio. **Trasferimento prodotto** in altro serbatoio mediante **tubazione temporanea**
- Azioni previste/programmate: Serbatoio **fuori servizio**. **Ripristino e manutenzione** bacino e serbatoio. Inserimento **doppio fondo**



# Il bacino di contenimento dopo l'evento



# Lesione ed area di rottura

---



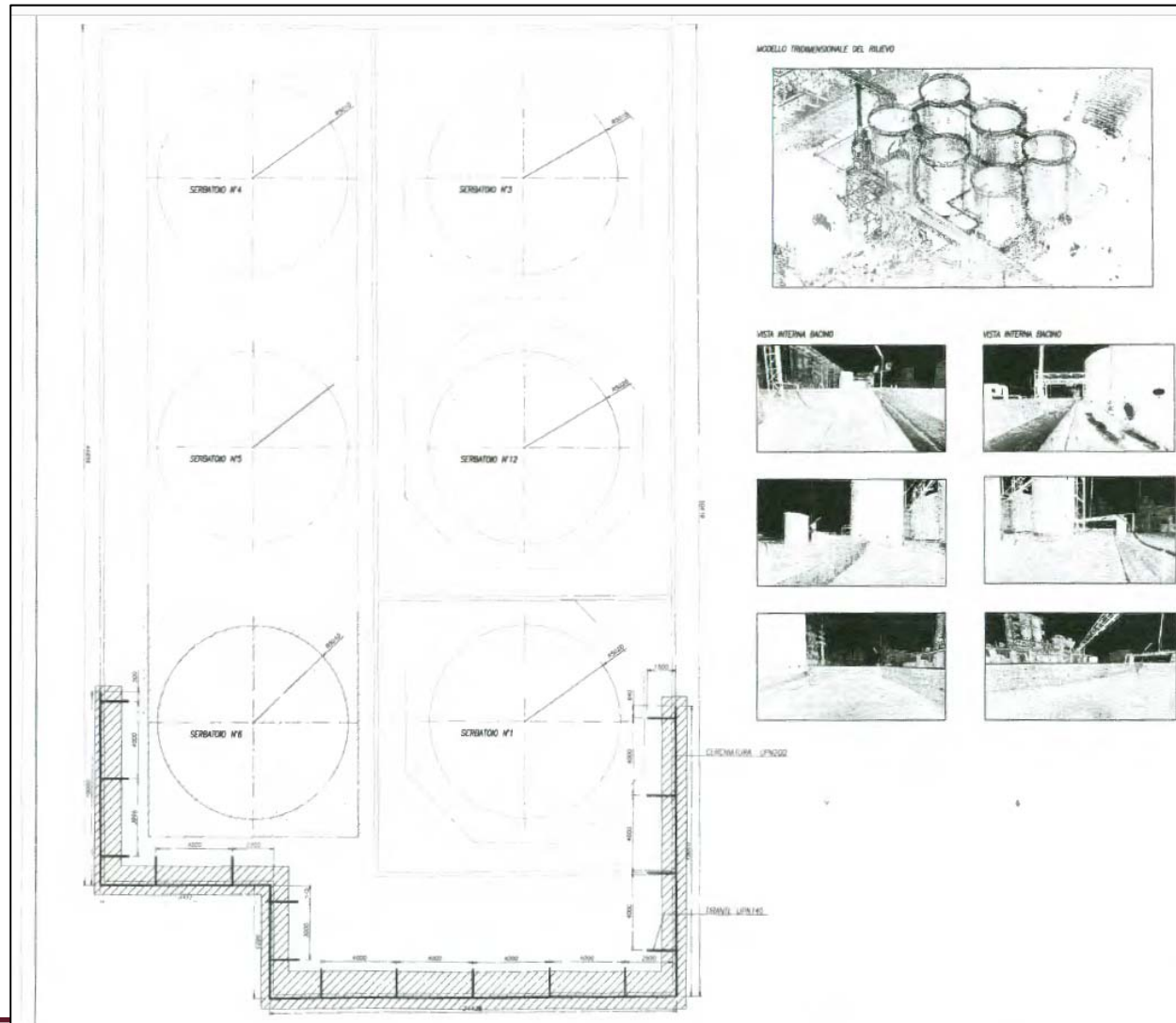


# Imp. Chimico, 25/05/2017 “Rilascio acido solforico da tubazione sotterranea di alimentazione”

---

- Descrizione: Danno accidentale di **tubazione di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**, che connette il parco stoccaggi (n. 6 Serbatoi f.t.) con un serbatoio interrato. Rilascio di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nel **canale interrato**. **Cedimento strutturale** di uno dei serbatoi e **rotazione relativa del bacino** di contenimento
- Cause: Perdita di **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> che penetra nel sottosuolo** da tubazione. Avanzata **corrosione** in sezione di condotta **non accessibile** ai controlli. Supposta durata del **rilascio di c.a. 40 gg.** (c.a. 45 t di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> rilasciato)
- Azioni intraprese: **Serbatoio** di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> **svuotato** del prodotto. Linea di **alimentazione intercettata** e serbatoio isolato. Monitoraggio e **verifica strutture**. Muro di **contenimento perimetrale del bacino** rinforzato, per assicurarne la **tenuta**
- Azioni previste/programmate: Programmata manutenzione e **monitoraggio corrosione sui serbatoi di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e sulle tubazioni** di carico, con calcolo dei **ratei di corrosione** sul breve e lungo termine e della vita residua (nuova procedura)

# Parco stoccaggio e bacino contenimento

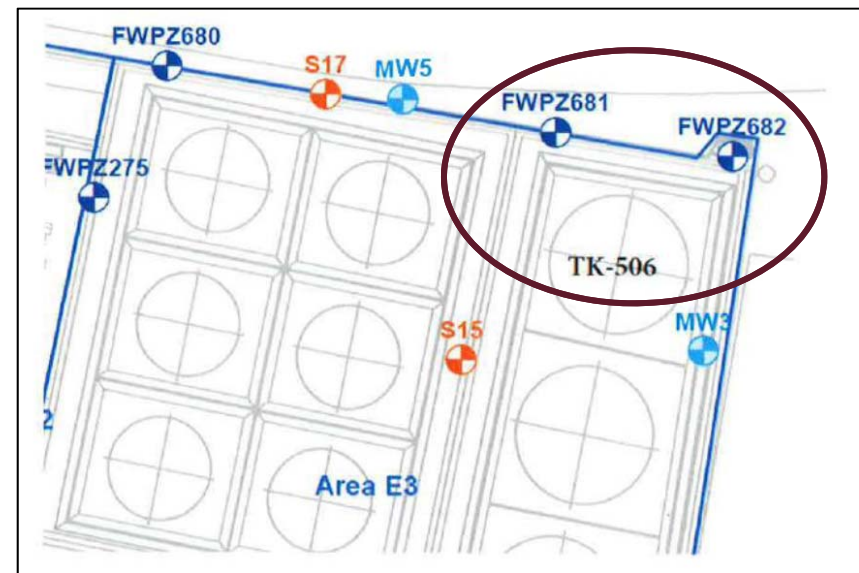


## Raffineria, 07/03/2018 “Presenza di gasolio in piezometri vicino serbatoio di stoccaggio”

---

- Descrizione: A seguito di campionamento su **2 piezometri presso serbatoio di stoccaggio gasolio**, rinvenuta presenza di **surnatante (HC)** dello stesso tipo. Rilascio di c.a. 1000 mc nel sottosuolo
- Cause: Perdita da serbatoio di stoccaggio per **corrosione sul fondo singolo**, sebbene interessato da **manutenzione sul fondo nei 2 anni precedenti** (lamiere sovrapposte sul fondo esistente)
- Azioni intraprese: **Trincea drenante** a nord della vasca e messa in servizio di **nuovi piezometri**. Aggiornamento del protocollo operativo per il **monitoraggio idrochimico e piezometrico** delle acque sotterranee
- Azioni previste/programmate: **Doppio fondo** per tutti i serbatoi a fondo singolo con **prodotti HC** (funz. viscosità). Revisione **programma di gestione invecchiamento** serbatoi

# Il serbatoio di stoccaggio gasolio e i 2 piezometri



- L'analisi dei fattori tecnici e organizzativi di eventi evidenzia **problemi di "asset integrity" delle installazioni** pericolose
  - Deterioramento e degrado causati da corrosione, erosione, fatica
- **Azioni correttive**, a cura di AA.CC. e gestore
  - **PEI, investigazione** post evento e **analisi di rischio, controlli** su installazioni ed impianti (tubazioni, serbatoi, bacini...)
- Metodi utilizzati per valutare la **risposta dell'industria** al problema dell'ageing
  - Ripristino e **manutenzione**, aggiornamento di **procedure e IO, pianificazione** specifica per **elementi tecnici critici**

Un possibile approccio alle buone pratiche manutentive

## **3. Esempi di buone pratiche: il sistema di contenimento primario**

# Requisiti base per standard manutentivi

---

- Differenti “**asset**” soggetti ad **invecchiamento**
  - Sistemi di **contenimento primari**
  - Misure di **controllo e mitigazione** (barriere)
  - Sistemi di **controllo elettrico e strumentale**
  - **Strutture**
- Il controllo operativo di stabilimento prevede **procedure ed IO** che costituiscono la base di uno specifico **piano di ispezione e controllo**
  - L’identificazione di **attrezzature e linee critiche** discende da una corretta **analisi dei rischi**
- Adeguate regimi manutentivi vanno attuati in relazione a **politiche di manutenzione basate sul rischio (RBM)**
  - Consente **riduzione dei rischi di perdita di contenimento** di sostanze pericolose da elementi tecnici critici per la PIR

- **L'invecchiamento** non è connesso all'età dell'apparecchiatura, bensì alle **modifiche** che la stessa ha subito nel tempo, in termini di **grado di deterioramento e/o di danno** subito
  - Tali fattori comportano una **maggiore probabilità** che si verifichino **guasti nel tempo di vita** (di servizio) dell'apparecchiatura, ma non sono necessariamente associati ad esso
  - Nel caso di apparecchiature o impianti l'invecchiamento può comportare **un significativo deterioramento e/o danno** rispetto alle sue condizioni iniziali, che può comprometterne la **funzionalità, disponibilità, affidabilità e sicurezza**



# L'influenza dell'invecchiamento sui tempi di vita e di esercizio

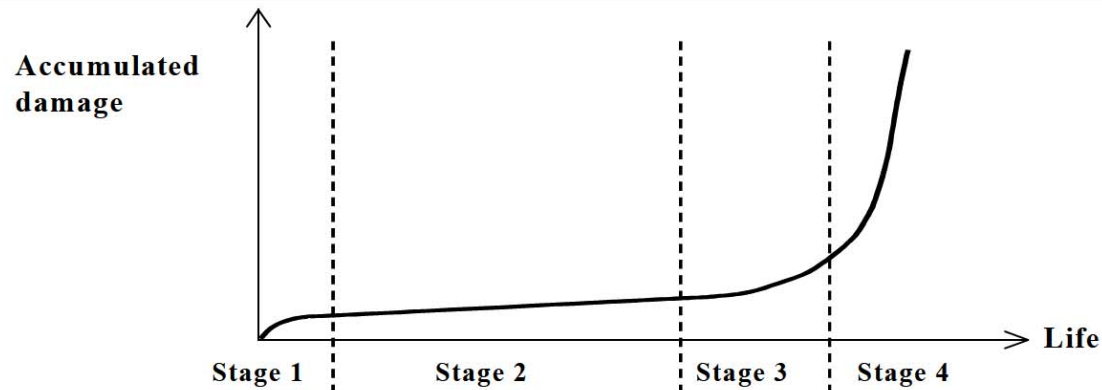


Figure 3a Variation of accumulated damage during equipment service

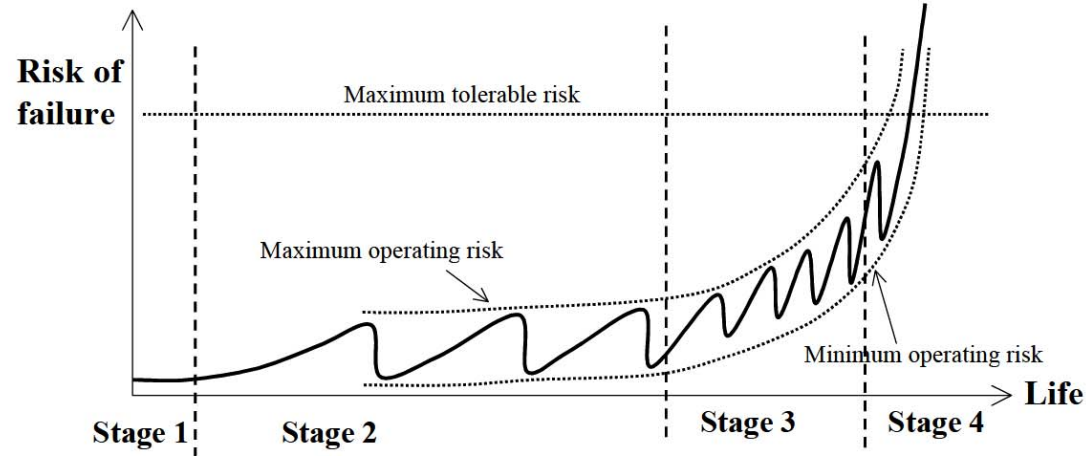
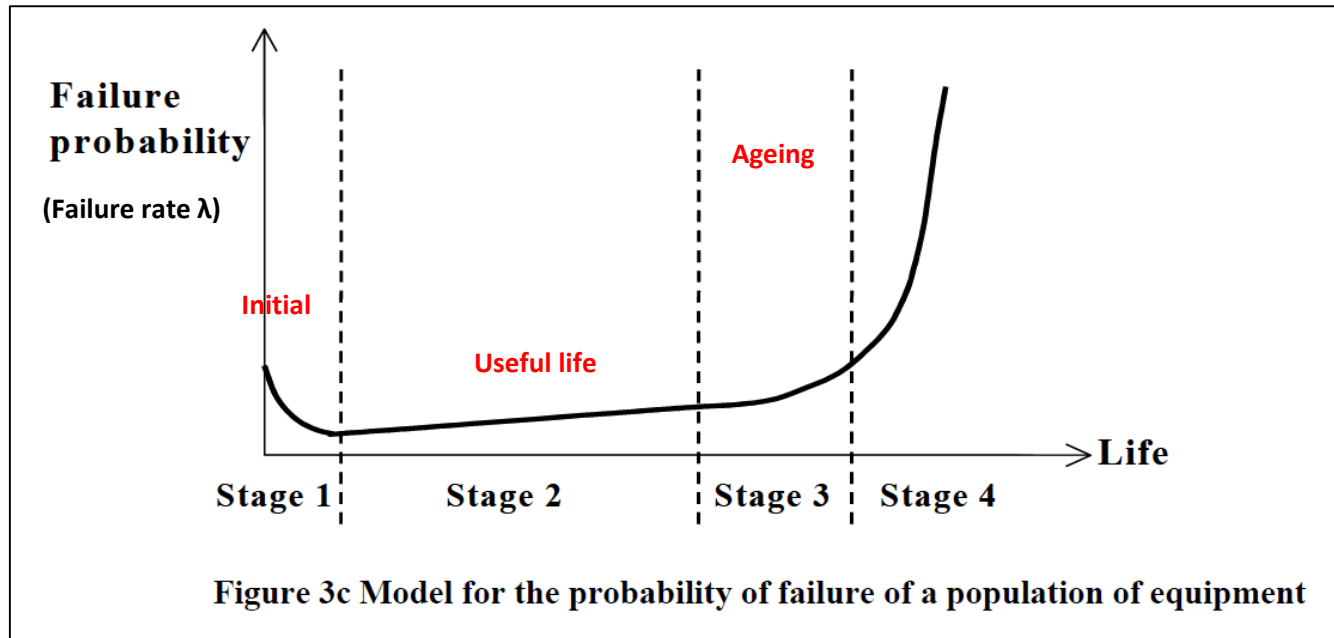


Figure 3b Effect of periodic maintenance, inspection and repair on the risk of failure for a piece of equipment. Each saw-tooth represents an inspection being carried out

# La «Bathtub» curve



- ✓ L'aumento del **rateo di guasto**, da deterioramento e **degrado**, e la riduzione del **tempo di vita**

# Controllo integrità meccanica: i passi principali

- ❑ Definire i **meccanismi di degradazione**, in base a tipo serbatoi, natura fluidi stoccati
  - Legati a Corrosione (interna o esterna, localizzata o generalizzata)
  - Non legati a corrosione (deformazioni, rotture mecc., cricche , snervamento)
- ❑ Definire e personalizzare **tecniche ispezione**, in aggiunta a ispezioni interne e esterne, di tipo **NDT (Non Destructive Test)**

Liquidi penetranti	Vacuum box	Scintilla (spark test)
Magnetoscopia	Ultrasuoni (lungo raggio)	Emissioni acustiche

- ❑ Determinare la **frequenza delle ispezioni**

Caratteristiche costruttive	Condizioni precedente ispezione	Potenziale contaminazione suolo, acqua, aria
Tecniche riparazione e materiali	Ratei corrosione	Presenza doppi fondi o altri sistemi
Natura prodotto stoccato	Presenza sistemi prevenzione corrosione	Sistemi rilevazione perdite con serbatoi in servizio

# Manutenzione «mirata»

---

- Programmare un **piano di manutenzione «mirata»**
  - **Metodo RBI**: specifiche attività di ispezione, in base alle **effettive condizioni di funzionamento** di apparecchiature ed impianti
  - **Metodo FFS**: è possibile **mantenere in servizio**, con adeguato monitoraggio, apparecchiature ed impianti che presentano un **degrado strutturale**
- Queste metodologie ben **si prestano ad essere integrate nella struttura di un SGS** già implementato ed attuato

# Gestione modifiche e integrità

---

- Difficoltà nell'identificare **nuovi rischi di corrosione**, in caso di **modifiche** a impianti e processi (impatto in casi «temporanei»)

Ugelli aggiuntivi / modifica esistenti	Aumento / diminuzione capacità serbatoio	Retrofitting serpentine riscaldamento
Installazione agitatore su vessel esistente	Modifica condizioni di processo	Installazione/rimozione isolamento esterno

- Importante **tenere traccia della storia operativa** e dei relativi problemi emersi
  - Ore di lavoro, cicli di carico/scarico, escursioni operative, modifiche condizioni e processi

Risultanze, lezioni apprese e ritorno di esperienza da attività ispettiva condotta sul SGS negli ultimi 3 anni (art. 27 D.Lgs. 105/2015)

## **4. L'analisi delle ispezioni sul SGS**

# Risultanze della ricognizione

---

- Esame di **c.a. 160 rapporti finali** di ispezione
  - In c.a. 20% casi emersi problemi di **corretta gestione della integrità meccanica** di impianti ed attrezzature
  - Criticità emerse in riferimento ai **rischi legati all'invecchiamento e asset integrity** di installazioni pericolose ispezionate
  - **Non conformità** gestionali che hanno comportato la emissione di **raccomandazioni/prescrizioni**

# Alcuni esempi di NC emerse

---

- Considerare ed analizzare le **problematiche legate all'ageing** di attrezzature ed installazioni, che possono portare a **perdita di sostanze pericolose**, includendo uno specifico **piano di monitoraggio** e controllo e le conseguenti **misure correttive e preventive**
- Nessuna evidenza di **piano di monitoraggio** dei rischi legati all'invecchiamento, **a meno degli obblighi cogenti**
- **Procedura** di asset integrity management **parzialmente implementata** (no evidenze)
- Mancanza di una **procedura specifica**, che preveda i seguenti **aspetti**:
  - Analisi dei meccanismi di degradazione possibili, con valutazione dei tempi di vita di impianti/apparecchiature
  - Piano di monitoraggio fisso o variabile nel tempo e tecniche
  - Azioni preventive e correttive in essere/da implementare



Rischi emergenti e implementazione del SGS

## 5. Conclusioni e linee di indirizzo

# Rischi associati all'ageing

---

- Impianti soggetti a fenomeni di **degradazione in base a stress statici/dinamici** e effetti di **modifiche** operative
  - Utile conoscere i **tassi decadimento prestazioni** per programmare adeguata manutenzione
- Gestore deve considerare le **variazioni** delle attrezzature, **nel tempo**, per capire i meccanismi di **deterioramento e degrado**
  - Permette di identificare i **NDT più adatti** per la valutazione dello stato di danno
- Controllare e mantenere **rischi a livelli accettabili** tramite la gestione delle **attività manutentive**
  - Assicurare **continuità operativa e condizioni di stabilità** per prevenire perdite contenimento sostanze pericolose

# Ageing e implementazione del SGS

---

- SGS prevede che ogni **attrezzatura** sia soggetta a **programmi di controllo**, pianificati al fine di assicurare la **continuità operativa** in sicurezza
  - Gestore deve formalizzare **criteri** specifici per la definizione dei **regimi manutentivi**
- Importante stabilire una **strategia** chiara, valida per **l'intero ciclo di vita** degli impianti
  - Rilevante su siti con **sostanze pericolose** per via delle conseguenze in caso di **perdita integrità**
  - **RBI e FFS** costituiscono una valida **risposta** nella gestione di **asset integrity e ageing** correlato

*Domande???*...

*[romualdo.marrazzo@isprambiente.it](mailto:romualdo.marrazzo@isprambiente.it)*

**Grazie per l'attenzione!**