

Roma 23 Marzo 2018

Relatore: Paolo Bragatto

INAIL

Valutazione dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli stabilimenti Seveso".

Metodo da applicare nell'ambito delle verifiche ispettive ex. art. 27 del D. Lgs. 105/2015

*Gruppo di Lavoro 'Invecchiamento Impianti'
Coordinamento uniforme applicazione della 'Seveso' di cui
all'art. 11 D. Lgs. 105/2015*



Gruppo di Lavoro 'Invecchiamento Impianti' coordinato da Paolo Bragatto

INAIL DIT

Corrado Delle Site, Annalisa Pirone, Rosaria Vallerotonda, Elisabetta Bemporad, Emanuele Artenio



ISPRA/ARPA

Fabrizio Vazzana, Francesca Bellamino, Tomaso Vairo, Marco Ziron

UNIVERSITÀ di MESSINA
Maria Francesca Milazzo



FEDERCHIMICA

Alessandra Pellegrini, Giuseppe Astarita
ASSOGASLIQUIDI

Filippo De Cecco, Marco Lentini

UNIONE PETROLIFERA

Fausto Sini, Antonio Barison, Antonio Buccarelli, Paolo Leonardi



LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Scopo, campo di applicazione e definizioni

Scopo

Consentire agli auditor una valutazione speditiva dei programmi di gestione dell'invecchiamento, negli stretti limiti temporali delle ispezione.

Campo di applicazione

Attrezzature di contenimento primario (Tubature /Recipienti in pressione/atmosferici)

Attrezzature critiche ai fini dell'incidente rilevante

Fuori dal campo di applicazione

Organi Rotanti, Valvole, Strumentazione .. (più facilmente sostituibili)

Attrezzature non critiche ai fini dell' incidente rilevante

L'obsolescenza della strumentazione, l'invecchiamento delle organizzazioni e del personale ed altri argomenti affini non sono inclusi.

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

L'elenco delle attrezzature critiche

Attrezzature critiche ai fini dell'incidente rilevante:

Le attrezzature, che sono incluse nell'albero dei guasti legato ad un top event.
Le attrezzature che contengono sostanze pericolose in quantitativi sufficienti a produrre un rilascio di sostanza pericolosa con possibile incidente rilevante.

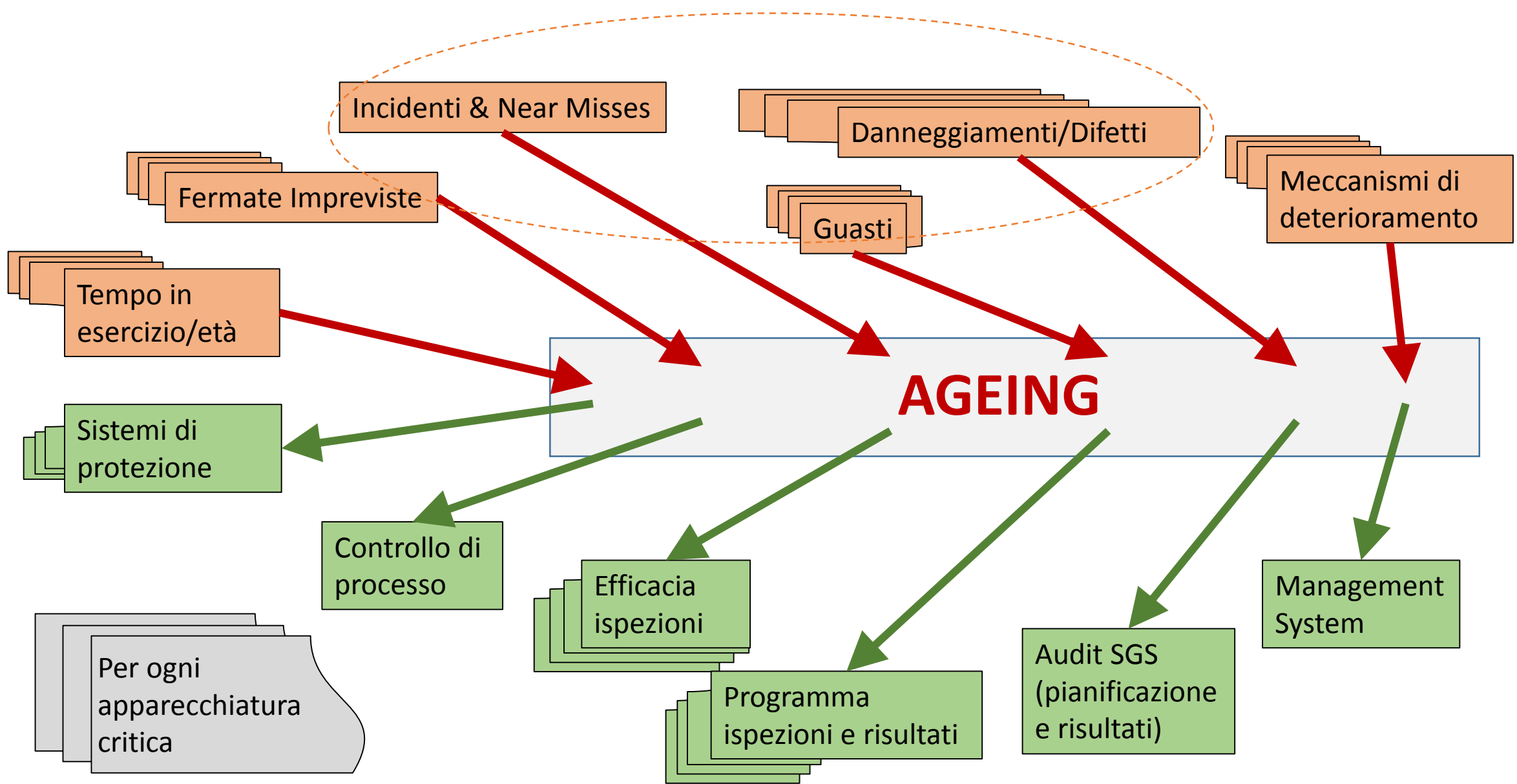
(in pratica 5% della soglia Superiore)

Elenco delle attrezzature critiche:

Elenco organizzato e gestito di tutte e sole le
«attrezzature critiche»
presenti



Lista di riscontro 4.i
Verificare che il gestore
abbia individuato in maniera
sistematica i componenti
critici,... che gli elementi critici
individuati siano inseriti nei
programmi di manutenzione,
ispezione e controllo periodici



LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori acceleranti e frenanti

- I **fattori acceleranti danno penalità**, invece **quelli rallentanti danno compensazioni**.
- Si considera il range di variabilità del fattore e sono definite quattro categorie di punteggio: **1 = basso; 2 = medio; 3 = medio-alto; 4 = alto**. Il segno sarà negativo per le penalità e positivo per le compensazioni.
- La media pesata dei fattori acceleranti fornisce l'**indicatore di "propensione"** all'invecchiamento, che avrà valore compreso tra 1 e 4.
- La media pesata dei fattori di controllo fornisce l'**indicatore di capacità di controllo** dei fenomeni, sempre oscillante fra 1 e 4.
- I pesi dei fattori si assumono tutti pari a 1 lasciando la libertà all'utilizzatore di fissarli.

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Caratteristiche del metodo

Proporzionalità

*Se il punteggio negativo è basso (pochi fattori acceleranti)
anche le attività richieste sono poche (fattori frenanti)
+ fattori acceleranti => + fattori frenati*

Libertà

*Il gestore è libero di scegliere fra le possibili attività
A differenza della check list
i fattori frenanti sono complementari fra di loro*

Semplicità

*Somma algebrica di fattori frenanti ed acceleranti
non deve essere negativa
Non si richiede altro!*

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori acceleranti



- *Età di costruzione e ore di esercizio*: Si riferiscono alla durata delle attività nell'impianto, l'età reale del sistema deve essere sottratta dei periodi di inattività. Sono rispettivamente i rapporti "età attuale/età massima di progetto" e "Ore attuali di esercizio/Ore max di servizio progettate".

Punteggio	Rapporto età/tempo di vita atteso (anni / ore esercizio)
1	$f \leq 90\%$
2	$90 < f \leq 100\%$
3	$100 < f \leq 125\%$
4	$f > 125\%$



#Attrezzatura critica	ore esercizio attuali	ore max esercizio attese	età reale	Età max attesa	rapporto % col 2 e 3 oppure Col 4 e 5	Punteggio Singola attrezzatura Vedi tabella 1
TK1			42	40	105%	3
TK2			35	40	87%	1
EX1	100.000	150.000			67%	1
EX2	200.000	150.000			133%	4
Punteggio complessivo						2,25

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori acceleranti



- *Fermate impreviste* Per fermate impreviste si intendono e si computano tutte quelle non programmate i cui tempi e procedure di fermata non sono quelli definiti dai manuali operativi di impianto (ad esempio per interventi dei sistemi di blocco e di sicurezza automatici), tali da indurre potenziali stress termici e meccanici anormali

Punteggi	Rapporto Fermate impreviste/fermate totali
1	$f \leq 10\%$
2	$10\% < f \leq 25\%$
3	$25\% < f \leq 60\%$
4	$f > 60\%$



#Attrezzature a critica	Numero fermate impreviste	Numero di fermate totali	Rapporto col2/col.3	Punteggio Singola attrezzatura Vedi tabella 2
TK1	1	5	20%	2
TK2	2	6	33%	3
EX1	0		-	-
EX2	0		-	-
Punteggio complessivo				=2,5

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori acceleranti



- *Danneggiamenti*: questo fattore si riferisce ai danneggiamenti “gravi” delle attrezzature critiche, come rilevati attraverso i vari controlli (programmati ed estemporanei).

Punteggio	% Attrezzature Danneggiate
1	$R \leq 1\%$
2	$0,01 < R \leq 3\%$
3	$0,03 < R \leq 5\%$
4	$R > 5\%$

1	2		
Numero di danneggiamenti o difetti gravi alle attrezzature critiche, in 10 anni	Numero di attrezzature critiche	Rapporto R (colonna 1 / colonna 2)	Punteggio vedi tabella 5



LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori acceleranti



- *Tassi di Guasto* Quantitativamente è dato dal reale tasso di guasto registrato sui componenti per un arco temporale di riferimento (10 anni). L'incidenza va confrontata con il tasso di guasto riportato per la tipologia nei database di riferimento (p.e. HSE/FRED, OREDA) utilizzato per la redazione del Rapporto di Sicurezza

PUNTEGGIO	RAPPORTO
1	< 0,5
2	0,5÷1
3	1,0÷2,0
4	>2,0



#Attrezzatura critica	Numero guasti registrati	Numero di guasti attesi in base ai ratei di guasto di riferimento		
TK1	0	5 10 ⁻²		
TK2	1	5 10 ⁻²		
EX1	0	5 10 ⁻²		
EX2	0	5 10 ⁻²		
somme	1	1	Rapporto Col2 / int(col3)	Punteggio Vedi per Tabella 3

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori acceleranti



- *Incidenti e Quasi Incidenti* È un fattore complessivo che prende in considerazione tutti gli eventi significativi (incidenti, quasi incidenti, anomalie) riportati negli ultimi 10 anni per le attrezzature critiche di contenimento primario, per verificare quanti di questi sono correlati in tutto o in parte a fenomeni di deterioramento dovuti a invecchiamento

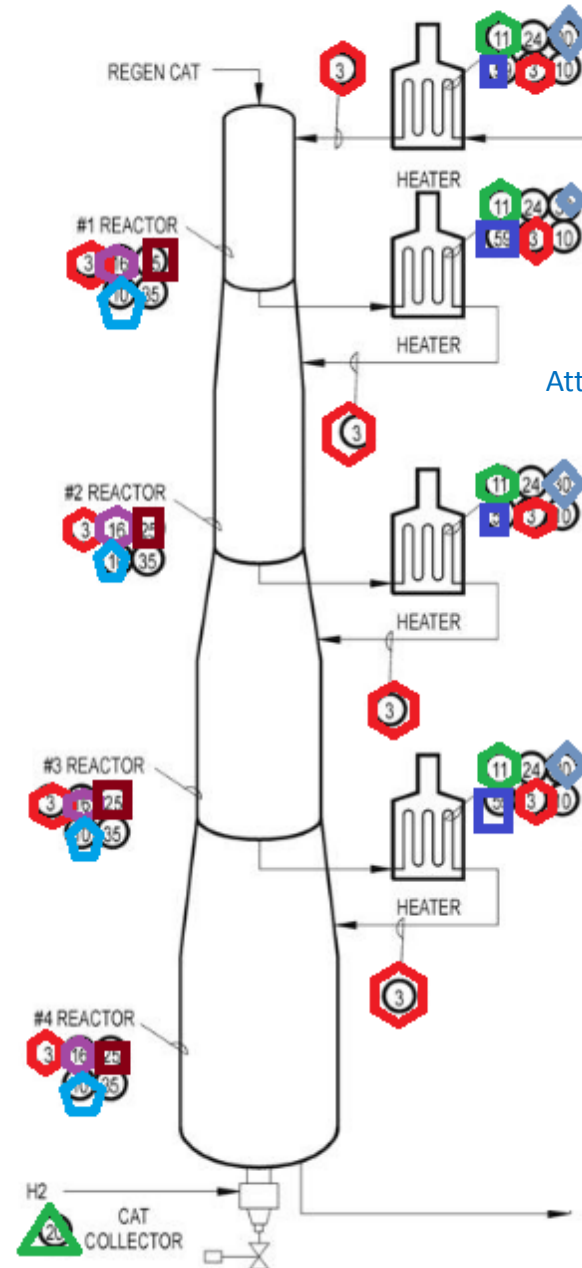
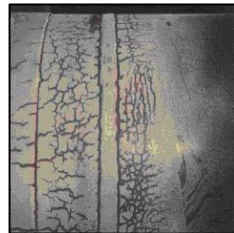
Punteggio	% incidenti, quasi incidenti e anomalie dovute a corrosione
1	$R < 5\%$
2	$5\% \leq R < 15\%$
3	$15\% \leq R < 35\%$
4	$\geq 35\%$

Numero eventi registrati negli ultimi 10 anni per le attrezzature critiche	Numero di eventi connessi al deterioramento per le attrezzature critiche	Rapporto colonna2 colonna 1	Punteggio Vedi tabella 4





MECCANISMI DI DETERIORAMENTO



Attacco Idrogeno Alta Temperatura

Ossidazione

Infragilimento Tempra

Corrosione-Erosione

Infragilimento da Idrogeno

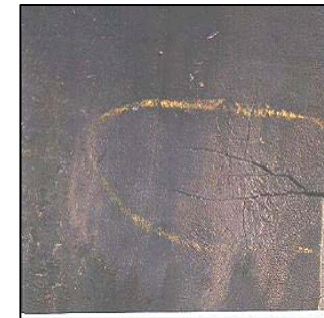
Surriscaldamento Breve

Spolveramento Metallico

- CREEP**
 - 3 Creep / Stress Rupture
 - 8 Ammonium Chloride Corrosion
 - 9 HCl Corrosion
 - 10 High Temperature Hydrogen Attack
 - 11 Oxidation

- 16 Temper Embrittlement
- 17 Erosion / Erosion-Corrosion
- 24 Carburization
- 25 Hydrogen Embrittlement
- 34 Short Term Overheating - Stress Rupture

- 35 Reheat Cracking
- 48 Ammonia Stress Corrosion Cracking
- 49 Cooling Water Corrosion
- 54 Mechanical Fatigue
- 59 Metal Dusting



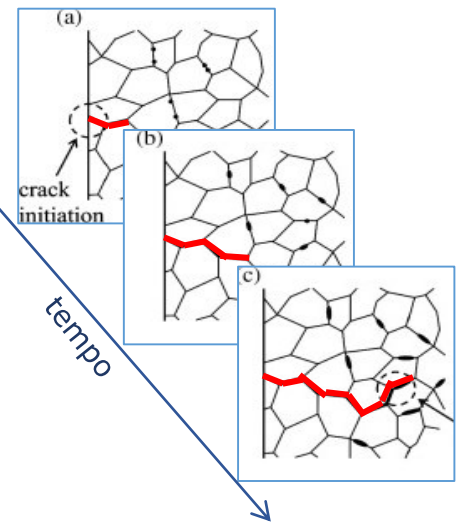
PUNTEGGI PER I MECCANISMI DI DANNO



Rilevabilità: Facilità di rilevamento del fenomeno e di misura degli effetti.

Punteggio	Descrizione
1	Rilevazione facile (sufficiente esame visivo)
2	Rilevazione relativamente facile (con controlli non distruttivi)
3	Rilevazione relativamente difficile (con prove parzialmente invasive o campioni sacrificali)
4	Rilevazione difficile (necessarie prove invasive)

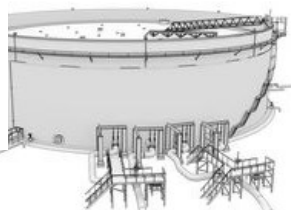
Velocità: La propagazione del fenomeno è legata al tempo.



Punteggio	Descrizione
1	Scala temporale di propagazione pluridecennale
2	Scala temporale 5 ÷ 10 anni
3	Scala temporale 2 ÷ 5 anni
4	Scala temporale inferiore a 2 anni

Conseguenze: Entità della perdita di contenimento provocata e sua pericolosità

Punteggio	Descrizione
1	Degrado di apparecchiature
2	Perdita minori di contenimento
3	Perdite di sostanza pericolosa
4	Rilascio catastrofico di sostanza pericolosa



INAIL

PUNTEGGI PER I MECCANISMI DI DANNO già calcolati

Tipo di meccanismo	Rilevabilità	Velocità	Conseguenze	Media
Metallurgico a lungo termine	4	1	4	3
Metallurgico a breve termine	4	4	4	4
Meccanismi di Assottigliamento localizzati	4	3	4	3
Meccanismi di Assottigliamento Uniforme	2	2	3	2
Corrosione dovuta all' ambiente (atmosferico, suolo)	1	1	2	1
SCC Tenso-Corrosione con fessurazione	4	2	4	3
HTHA Attacco da Idrogeno ad Alta Temperature	4	3	4	4
Fatica	3	3	4	3
CREEP Scorrimento Viscoso	3	3	3	3
CUI Corrosione sotto isolamento	4	3	4	4

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori acceleranti



- *Meccanismi di deterioramento*: È legato alla gravità delle **conseguenze**, alla **capacità** di rilevamento dei principali meccanismi di danno (mediante ispezione), alla **velocità** di propagazione danni.



#Attrezzatura critica	Meccanismo di deterioramento Presenti	Meccanismo deterioramento prevalente	di	Punteggio (vedi Tabella 6a)
TK1	Corrosione ambiente 1,	Corrosione Ambientale		1
TK2	Corrosione ambiente 1, Fatica 3	Fatica		3
EX1	Corrosione Sotto Isolamento 4	Corrosione Sotto Isolamento	Sotto	4
EX2	Fatica 3, Corrosione sotto Isolamento 4	Corrosione Sotto Isolamento	Sotto	4
Punteggio complessivo				=media punteggi

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



Sistema di gestione integrità: Riguarda il piano di controllo delle attrezzature critiche, entro il SGS-PIR, Deve essere predisposto ed attuato in modo da garantire l'affidabilità e la disponibilità per ogni parte dell'impianto, in congruenza con la valutazione dei rischi di incidente rilevante



Punteggio	Tipologia
1	Gestione documentale interna per le attrezzature critiche (con regolare registrazione degli interventi ispettivi e manutentivi).
2	Programmazione delle ispezioni alle attrezzature critiche in base alla tipologia, alle condizioni e al livello di rischio.
3	Programmazione delle ispezioni in base al rischio RBI, secondo standard EEMUA 159:2018, API 580/581:2016, ASME PCC-3-2007, UNI 11325-8:2016 CEN 16991:2016
4	Programmazione delle ispezioni RBI (EEMUA, API; ASME, UNI, CEN), aggiornata sistematicamente in base alle variazioni dei materiali e delle condizioni di esercizio. API 584

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



- *Audit*: Si riferisce alla conduzione di audit e comprende una valutazione della frequenza con cui sono eseguiti e i loro risultati (non conformità rilevate utilizzando una lista di controllo). SGS PIR



Punteggio	% R non conformità minori
1	30,0%
2	20,0%
3	10,0%
4	5,0%

Punteggio	% R non conformità maggiori
1	20%
2	10%
3	5%
4	3%

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



- *Audit*: Si riferisce alla conduzione di audit e comprende una valutazione della frequenza con cui sono eseguiti e i loro risultati (non conformità rilevate utilizzando una lista di controllo).

Punteggio	% R non conformità minori
1	30,0%
2	20,0%
3	10,0%
4	5,0%

Punteggio	% R non conformità maggiori
1	20%
2	10%
3	5%
4	3%

	Punteggio non conformità minori	Punteggio non conformità maggiori
N° punti esaminati negli audit negli ultimi 10 anni	52	
N° punti con non conformità minori	4	
N° punti con non conformità maggiori	6	
% R = (N° punti con non conformità/ N° punti esaminati)	7%	11%
Punteggio parziale	(vedi Tab. 8, col. 2)	(vedi Tab. 8, col. 4)
Punteggio complessivo totale	= media dei due punteggi parziali	

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti

Pianificazione e risultato ispezioni: È legato alla pianificazione delle ispezioni e ai risultati dei test che verificano la funzionalità e l'integrità del sistema, e tempo trascorso da ispezioni precedenti.

#attrezzatura critica	N° Test funzionali eseguiti	N° Test funzionali OK	punt. parziale tab.9 colonna 2	N° Test integrità eseguiti	N° Test integrità OK	Punt. parziale tab.9 colonna 4	Num ispez. in programma	Num ispez. fatte entro scadenze	Punt. parziale tab.9 colonna 6
TK1	4	4		1	1		5	4	
TK2									
EX1									
EX2									
	somma1	somma2	somma2 / somma1	somma4	somma5	Somma5 / somma4	Somma7	Somma8	Somma8 / somma7
			Punteggi o parziale			Punteggio parziale			Punteggio parziale
= Media dei tre punteggi parziali									

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



Pianificazione e risultato ispezioni: È legato alla pianificazione delle ispezioni e ai risultati dei test che verificano la funzionalità e l'integrità del sistema, nonché al tempo trascorso dalle ispezioni precedenti



	2
Punteggio	Risultati test di funzionalità (% componenti non danneggiati)
1	<90%
2	>90<95%
3	>95<98%
4	>98%

	4
Punteggio	Risultati test di integrità (% componenti non danneggiati)
1	<98%
2	>98<99%
3	>99<99,5%
4	>99,5%

	6
Punteggio	% di ispezioni attuate entro le scadenze previste
1	<90%
2	>90<95%
3	>95<99%
4	>99%

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



Efficacia e appropriatezza delle ispezioni fatte: È definito come la percentuale di ispezioni appropriate fra quelle attuate nel periodo di riferimento (10 anni). È influenzata dalla qualificazione degli ispettori.



UNI 11325-8, appendice B

#Attrezzatura critica	Efficacia adeguata delle ispezioni	Qualificazione e ispettori	Punteggio singola attrezzatura
TK1	1	3	2
TK2			
EX1			
EX2			
Punteggio complessivo			=Media delle medie

Guidelines for Assigning Inspection Effectiveness" (API 581 part 2)

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



Efficacia e appropriatezza delle ispezioni fatte: .. continua



Punteggio	Efficacia, estensione ed adeguatezza delle ispezioni
1	Tale da garantire con sufficiente attendibilità l'individuazione dei difetti, il degrado del materiale e i sottospessori
2	Tale da garantire con buona attendibilità l'individuazione di difetti, il degrado del materiale e i sottospessori
3	In grado di rilevare il danno nella maggior parte dei casi (90%)
4	In grado di rilevare il danno in quasi tutti i casi

Punteggio	Qualificazione degli Ispettori e della ditta
1	Dimostrata competenza/esperienza
2	Ispettori qualificati secondo standard ASNT
3	Ispettori qualificati da ente terzo secondo Norma UNI EN ISO 9712:2012 Livello 2
4	Ditta certificata in qualità per le misurazioni, Ispettori tutti qualificati secondo Norma UNI EN ISO 9712:2012 fino a Livello 2

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



- *Sistemi di controllo*: Il minimo livello riconoscibile è l'adozione di sistemi di basati su sensori e regolatori che controllano i parametri di esercizio. L'adozione di standard che garantiscano l'affidabilità dei sistemi elettronici preposti allo scopo (IEC 61508 e IEC 61511) è un elemento premiante.



Punteggio	Tipologia di sistema di controllo
1	Sistema di controllo con registrazione dei dati
2	Sistema di controllo con registrazione dei dati + blocco automatico
3	Sistema di controllo con registrazione dei dati + sistema di blocco automatico separato
4	Sistema di controllo con registrazione dei dati + sistema di blocco automatico separato + livelli di certificazione sicurezza dei sistemi di blocco

LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



- *Rivestimenti e protezioni specifiche* Considera le condizioni del rivestimento (*cladding, lining, coating, catodica*) e le ispezioni eseguite

#Attrezzatura critica	Tipo di rivestimento	Frequenza d'ispezione del rivestimento	Condizioni rilevate nell'ultima ispezione	Punteggio singola (MEDIA dei due punteggi)
TK1				
TK2				
EX1				
Punteggio complessivo:				=media dei punteggi di tutte le attrezzature

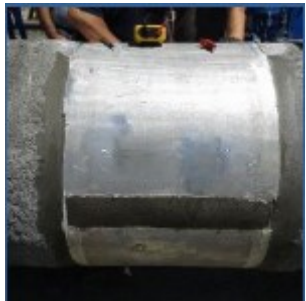


LA METODOLOGIA DI VERIFICA DELL'INVECCHIAMENTO

Fattori frenanti



- *Modifiche protettive specifiche continua*



1	2
Punteggio	Intervallo di tempo dall'ultima ispezione del rivestimento
1	> intervallo massimo
2	intervallo massimo
3	intervallo minimo
4	< intervallo minimo

3	4
Punteggio	Condizioni di conservazione rilevate nell'ultima ispezione
1	Condizioni povere
2	Condizioni medie
3	Condizioni buone
4	Condizioni perfette



1 Età o ore di esercizio	
2 Fermate impreviste	
3 Tassi di guasto	
4 Incidenti e quasi incidenti	
5 Danneggiamenti e difetti	
6 Meccanismi di deterioramento	
Media penalità (propensione invecchiamento) P	
1 Sistema di gestione SGS-PIR	
2 Risultati degli Audit	
3 Pianificazione e risultati delle ispezioni	
4 Efficacia delle ispezioni	
5 Controllo di processo	
6 Protezioni specifiche	
Media compensazioni (capacità di controllo) C	
IC = Indice compensato (- P + C)	

Se capacità di controllo
 <
 propensione all'invecchiamento
CRITICITA'

Se capacità di controllo
 >
 propensione all'invecchiamento
ADEGUATO

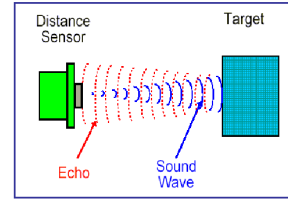
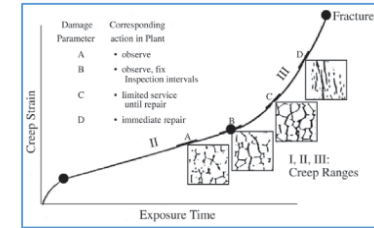
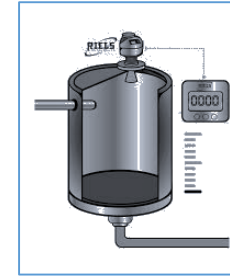
GRAZIE PER L'ATTENZIONE

non finisce però qui

la ricerca continua



- Sviluppo di sensori innovativi (EA)
- Sviluppo di etichette intelligenti
- Indossabili per ambienti ostili
- Sviluppo di sensori virtuali di invecchiamento



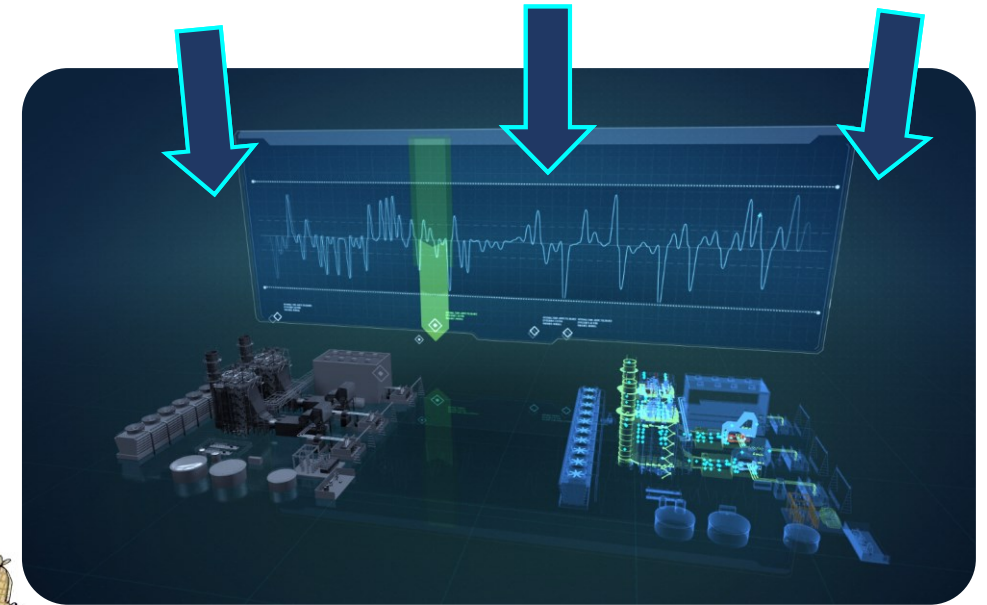



SmartBench

Smart Industrial Safety Workbench







Digital twin