

GRUPPO DI LAVORO INTERISTITUZIONALE ISTITUITO NELL'AMBITO  
DEL COORDINAMENTO NAZIONALE DI CUI ALL'ART.11 DEL DECRETO  
LEGISLATIVO DEL 26 GIUGNO 2015 N.105

## VALUTAZIONE SINTETICA DELL'ADEGUATEZZA DEL PROGRAMMA DI GESTIONE DELL'INVECCHIAMENTO DELLE ATTREZZATURE NEGLI STABILIMENTI SEVESO

# LINEA GUIDA



**Seconda Edizione  
Marzo 2021**

*La presente linea guida è predisposta dal Gruppo di lavoro istituito all'interno del Coordinamento per l'uniforme applicazione sul territorio nazionale di cui all'art. 11 del decreto legislativo 26 Giugno 2015, n. 105. Obiettivo del documento è fornire uno strumento pratico per le commissioni ispettive di cui all'art. 27 e che sono tenute a verificare che il gestore abbia predisposto i piani di monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento, di cui all'Allegato B § 3.4.4. La presente edizione, riveduta ed estesa, supera la prima edizione del 2018.*

# **VALUTAZIONE SINTETICA DELL'ADEGUATEZZA DEI PIANI DI MONITORAGGIO E CONTROLLO DEI RISCHI LEGATI ALL'INVECCHIAMENTO DI ATTREZZATURE E IMPIANTI NEGLI STABILIMENTI SEVESO.**

## **LINEA GUIDA**

*Versione 2.0*

### **Introduzione**

Nella direttiva 2012/18/UE Seveso III è prevista, tra gli elementi del Sistema di Gestione della Sicurezza, all'interno del controllo operativo, la necessità di gestire il rischio associato all'invecchiamento e alla corrosione degli impianti. Tale elemento è presente nel D.lgs. 105/2015, di recepimento della direttiva Seveso-ter. In particolare nell'Allegato 3 del D.lgs. 105/2015, tra gli aspetti da trattare nell'ambito del SGS-PIR, al punto "controllo operativo" si prevede: "monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento delle attrezzature installate nello stabilimento e alla corrosione; inventario delle attrezzature dello stabilimento, strategia e metodologia per il monitoraggio e il controllo delle condizioni delle attrezzature; adeguate azioni di follow-up e contromisure necessarie". Il D.lgs. 105/2015 introduce, così, per i gestori degli stabilimenti a rischio di incidenti rilevanti, l'obbligo di adottare, nell'ambito del SGS-PIR, piani di monitoraggio e controllo dei rischi legati all'invecchiamento di apparecchiature e impianti che tenga conto dei meccanismi di deterioramento presenti, inclusi corrosione interna ed esterna, erosione, fatica termica e meccanica.

In base all' art. 11 del D.Lgs 105/2015, il Coordinamento per l'uniforme applicazione sul territorio nazionale presso il Ministero della Transizione Ecologica ha incaricato un gruppo di lavoro inter-istituzionale di redigere una linea guida per valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento negli stabilimenti Seveso da utilizzare durante le ispezioni ex art. 27 del citato Decreto. La prima versione della linea guida, entrata in vigore nel 2018, viene sostituita dalla seconda versione, estesa alle macchine rotanti e migliorata in vari punti.

La presente linea guida ha lo scopo di fornire uno strumento operativo per valutare, nei tempi ristretti della visita ispettiva ex art. 27 D.lgs. 105/2015, la complessiva adeguatezza delle attività messe in atto dalla Direzione al fine di gestire in modo sicuro il processo d'invecchiamento di apparecchiature e impianti critici, come individuati ai sensi e per gli effetti del D.lgs. 105/2015.

Lo strumento è destinato, prima di tutto, ai soggetti esterni (ispettori delle Commissioni ex art. 27 D.Lgs 105/2015 o auditor indipendenti) che sono chiamati a fornire una valutazione di adeguatezza in tempi ristretti, partendo dall' acquisizione del piano di monitoraggio dell'invecchiamento e della

corrosione. Lo strumento è anche consigliato al gestore che intenda fare un'autovalutazione della propria gestione dell'invecchiamento.

### Metodo per la valutazione sintetica

Per avere uno strumento agile e specifico nell'ambito PIR è stato sviluppato un metodo a indici. Lo sviluppo di tale metodo si basa su un'analisi di tipo *fish-bone*, finalizzata ad individuare i fattori che hanno un inevitabile effetto accelerante sull'invecchiamento e i fattori che, fornendo lavoro al sistema, hanno l'effetto di rallentare od invertire la naturale tendenza entropica. Come negli altri metodi a indice, i fattori acceleranti e i fattori frenanti si traducono rispettivamente in penalità e compensazioni e la valutazione generale del sistema è data dalla somma algebrica.

Il diagramma in Figura 1 mostra, in forma sintetica, i meccanismi individuati con l'analisi svolta.

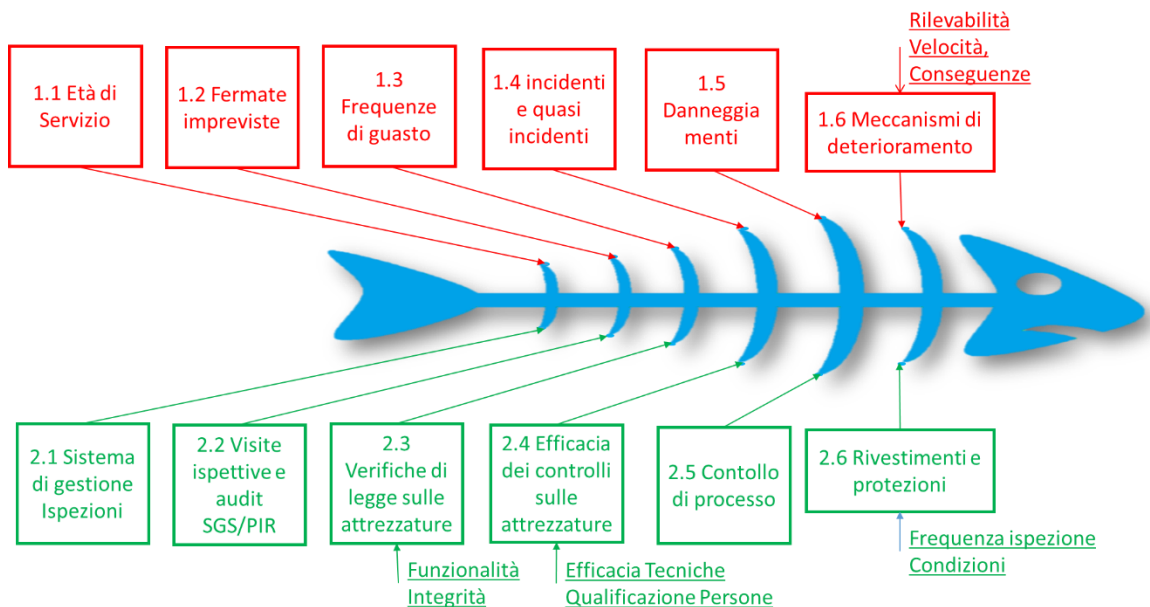


Figura 1. Modello "fishbone" per l'invecchiamento. Nei blocchi superiori i fattori che accelerano, in quelli inferiori quelli che rallentano il fenomeno.

L'obiettivo del metodo, come già accennato nell'introduzione, è quello di fornire uno strumento operativo per valutare, nei tempi a disposizione per le attività di ispezione, la complessiva adeguatezza delle attività messe in atto dal gestore dello stabilimento al fine di gestire in modo sicuro il processo d'invecchiamento di attrezzature e impianti critici, come individuati nel rapporto di sicurezza o in altra documentazione pertinente per gli stabilimenti di soglia inferiore.

Lo strumento si traduce, operativamente, nella compilazione di alcuni moduli di tipo tabellare e nel calcolo di un indice compensato, sulla base del quale si esprime la valutazione.

Il metodo ad indici presenta molti vantaggi, fra cui:

- 1) la proporzionalità delle misure: se le penalità sono basse vengono richieste poche compensazioni, se aumentano occorre di converso aumentare le attività di prevenzione per avere compensazioni più alte;
- 2) la libertà di scelta: il gestore può scegliere le soluzioni tecniche e/o gestionali da utilizzare per compensare le penalità. Si promuove comunque la preferenza verso soluzioni più razionali, senza privilegiare uno standard rispetto agli altri;
- 3) la chiarezza della valutazione ottenuta: se le compensazioni sono maggiori o uguali alle penalità, le attività messe in campo per la gestione dell'invecchiamento sono adeguate. Se le compensazioni sono inferiori alle penalità, il sistema di gestione dell'invecchiamento deve essere migliorato. Se la differenza in termini assoluti è minima, saranno solo raccomandati interventi migliorativi, se la differenza è maggiore si potranno anche proporre delle prescrizioni;
- 4) l'uniformità: il metodo, basato su pochi riscontri, è ripetibile su tutti gli stabilimenti ed evita gli sbilanciamenti soggettivi su questioni di dettaglio;
- 5) la rapidità: il gestore può compilare in anticipo le tabelle in modo che con la commissione ispettiva si possano discutere gli eventuali punti dubbi.

Gli svantaggi sono legati ad una relativa imprecisione del metodo, accettabile in relazione ai tempi a disposizione della verifica.

### ***Campo di applicazione***

Il campo di applicazione del presente documento è quello dei sistemi di contenimento primari che comprendono, secondo la definizione di (HSE 2010), sistemi statici, quali serbatoi, scambiatori, forni, reattori, miscelatori, separatori, colonne e tubazioni e sistemi dinamici che includono le macchine rotanti, quali pompe, compressori e turbine.

I sistemi di regolazione e controllo, le valvole di sicurezza e i sistemi di blocco, non sono oggetto del metodo. In modo indiretto entrano, però, in gioco in alcuni moduli, fra cui il modulo 9 (ispezioni funzionali) e il modulo 11 (sicurezza funzionale).

Gli stabilimenti dove sono presenti *sistemi di contenimento primari statici* includono principalmente, ma non esclusivamente:

1. raffinerie;
2. impianti petrolchimici;
3. impianti chimici (processi continui e batch);
4. depositi di prodotti petroliferi (liquidi);
5. depositi di gas liquefatti (GPL, GNL) e impianti di ri-gassificazione;
6. impianti di produzione energetica.

Il metodo non è applicabile negli stabilimenti dove non sono presenti tubazioni o recipienti contenenti fluidi pericolosi, quali stabilimenti pirotecnici, depositi di esplosivi, magazzini di prodotti chimici e fitosanitari preconfezionati. Se nel

magazzino sono presenti impianti di miscelazione o diluizione di sostanze pericolose si applica la presente linea guida.

### **Definizioni**

Nel presente testo, ove non indicato, si applicano le definizioni di cui al D.lgs.105/2015. Ulteriori definizioni vengono di seguito riportate.

**Attrezzature critiche** (D.lgs. 105/2015 allegato H, punto 1, definizioni, lettera i): apparecchiature, serbatoi, componenti e dispositivi di controllo, protezione e sicurezza coinvolti negli sequenze incidentali ipotizzabili nello stabilimento o desunti dall'analisi dell'esperienza operativa<sup>1</sup>.

Ai fini della gestione dell'invecchiamento vanno comunque considerati tutti i sistemi di contenimento (recipienti e linee, in pressione e non), che sono suscettibili degli stessi meccanismi di deterioramento di cui alle normative tecniche settoriali e che in esercizio possono contenere sostanze pericolose in quantitativi sufficienti a determinare un incidentale rilevante<sup>2</sup>.

Applicazione ai sistemi dinamici.

Il metodo può essere applicato anche alle macchine rotanti e ad altri sistemi dinamici, sempre che nel rapporto di sicurezza o nell'analisi del rischio esse siano state considerate "critiche" ai fini degli incidenti rilevanti. Nei sistemi dinamici occorre distinguere parti fisse e parti in movimento<sup>3</sup>. Ai fini del presente metodo viene considerato solo il deterioramento delle parti fisse (cassa).

**Evento Significativo** (D.lgs. 105/2015 allegato H, punto 1, definizioni, lettera a): qualunque incidente, quasi incidente o anomalia di funzionamento o di gestione che metta in evidenza possibili carenze gestionali interessate dal verificarsi dell'evento e che permetta di focalizzare l'attenzione su possibili miglioramenti sia in termini specifici di risposta puntuale all'evento sia in termini generali di adeguamento dello stabilimento nel suo insieme e del suo sistema di gestione della sicurezza(SGS-PIR).

**Guasto** (API 581): termine della capacità di un sistema, struttura o componente di eseguire le funzioni richieste. Nell'ambito del presente testo, sono considerati

---

<sup>1</sup> Rappresentano quei sistemi tecnici, desunti dalla valutazione dei rischi effettuata dal gestore (ad es. con metodologie tipo alberi dei guasti, alberi degli eventi) la cui efficienza e integrità risulta determinante per evitare l'accadimento di scenari incidentali. Si deve, comunque, tener conto che i processi di degrado possono aumentare le probabilità di guasto e conseguentemente rendere credibili alcuni scenari inizialmente scartati.

<sup>2</sup> Per la definizione di incidente rilevante il riferimento è il punto "o" dell'art. 3 del D.Lgs 105/2015.

<sup>3</sup> Le macchine rotanti vengono sottoposte a strategie manutentive predittive e basate sulle condizioni, per assicurarne la massima disponibilità. Nell'ambito di tali strategie, la sostituzione tempestiva delle parti più facilmente deteriorabili, ha lo scopo di evitare che si manifestino guasti in fase di esercizio, con conseguenti interruzioni. Ove necessario, le macchine vengono anche ridondate per evitare che i guasti o gli interventi manutentivi mettano l'impianto fuori servizio per lungo tempo. Il regolare funzionamento dei sistemi dinamici ha comunque rilevanza ai fini dell'invecchiamento dei sistemi statici, perché l'esercizio di macchine rotanti in condizioni anomale può portare a sollecitazioni eccessive sulle tubazioni, accelerandone il deterioramento.

“guasti”, anche le rotture di tubazioni e recipienti che compromettono la funzione di “contenimento” dei fluidi.

**Danneggiamento:** diminuzione delle caratteristiche iniziali di un sistema, struttura o componente esterno, che può ridurre le funzionalità del sistema stesso. Il danneggiamento può essere causato da uno o più eventi esterni (p.e. urti, shock termici) oppure dalla prolungata esposizione ad uno o più meccanismi di deterioramento (p.e. corrosione, fatica). Il danneggiamento è considerato **lieve** se il sistema al momento conserva le proprie funzionalità e si esclude che, a causa della eventuale progressione del danneggiamento, possa perderle prima delle manutenzioni programmate. Il danneggiamento è considerato **grave** se le funzionalità sono già compromesse o si prevede che lo saranno prima delle manutenzioni programmate.

**Frequenza di guasto attesa:** la probabilità che un'entità, che al tempo  $t$  si trovi in stato di buon funzionamento, si guasti in un tempo compreso tra  $t$  e  $t + dt$ . Nella pratica corrente è espressa come numero di guasti atteso per un anno di esercizio, di solito in forma esponenziale ( $10^{-n}$ ). I valori delle frequenze di guasto attese possono essere forniti dai costruttori, da banche date proprietarie o da fonti di libero accesso.

**Meccanismo di deterioramento:** qualsiasi fenomeno che agisce nel tempo sul materiale, ne altera le caratteristiche fisiche e chimiche (in superficie o in profondità) e causa danneggiamenti e guasti. Il termine è del tutto equivalente all'espressione “damage mechanism” utilizzata nei documenti API, tra cui API 571.

**Periodo di osservazione:** è il periodo temporale durante il quale sono stati raccolti i dati di misurazione o osservazione sui fattori che contribuiscono all'invecchiamento. Il periodo suggerito è almeno 10 anni o anche più, se esiste la disponibilità di dati su un periodo più lungo. È consigliabile sincronizzare il periodo rispetto alle fermate di stabilimento, ove previste.

**Ispezione** (API 581): attività eseguita per verificare che materiali, realizzazione, installazione, analisi, prove, riparazioni, ecc. siano conformi ai requisiti richiesti dagli standard normativi, ingegneristici e/o dalle procedure scritte del proprietario.

**Visita ispettiva:** esame pianificato e sistematico dei sistemi tecnici, organizzativi e gestionali, svolto dalle Commissioni ispettive ai sensi dell'art. 27 del D.lgs. 105/2015. Questo termine viene utilizzato nel presente documento come sinonimo del termine “ispezioni SGS” per evitare possibili ambiguità con le “ispezioni” di tipo tecnico definite sopra. Le visite ispettive sono pianificate, programmate ed effettuate sulla base dei criteri e delle modalità di cui all'allegato H del D.lgs. 105/2015.

**Fattori parziali:** I fattori parziali sono riferiti ad un singolo elemento critico.

**Fattori complessivi:** I fattori complessivi sono riferiti all'intero stabilimento. In alcuni casi i fattori complessivi sono direttamente definiti per lo stabilimento, in altri casi devono essere calcolati a partire dai fattori parziali, combinati di solito attraverso la media.

**Deviazione Standard:** La deviazione standard (o scarto quadratico medio) è un indice di variabilità di un insieme di dati. La funzione deviazione standard è tra le funzioni statistiche dei normali fogli di calcolo, fra cui Microsoft Excel.

**Indice di Correlazione:** indice di correlazione di Pearson o coefficiente di correlazione lineare esprime la relazione positiva o negativa fra due insiemi di dati. La funzione "correlazione" è tra le funzioni statistiche dei normali fogli di calcolo, fra cui Microsoft Excel.

**Fattore nullo:** alcuni fattori parziali o complessivi possono risultare non applicabili a certe situazioni industriali indicate nel testo. Il fattore parziale non valutato resta nullo e non rientra nella media per il calcolo del fattore complessivo. Se un fattore complessivo non è applicabile resta nullo e non rientra nella media per il calcolo dell'indice generale d'invecchiamento. **IMPORTANTE:** In caso di non applicabilità di un fattore parziale o complessivo, per evitare di falsare i risultati, non bisogna mai imporre valori numerici arbitrari, (neppure zero) e il campo non deve essere compilato (cella bianca).

### ***Calcolo degli indici***

I successivi paragrafi sono organizzati con una spiegazione discorsiva, un Modulo che deve essere riempito ed una Tabella con i valori di riferimento per la compilazione del modulo. I valori di riferimento, ove non siano riportati dati di letteratura specifici, sono da intendersi derivati dall'esperienza decennale degli Enti di controllo in materia di verifica e prove su attrezzature e impianti e dall'esperienza delle ispezioni svolte in applicazione delle Direttive Seveso. Nella prima parte sono trattati i fattori che danno luogo a penalità, nella seconda parte i fattori che danno luogo a compensazioni. Nella terza parte si tratta l'elaborazione finale dei punteggi.

## ***Parte 1 Fattori acceleranti (penalità)***

I fattori che accelerano l'invecchiamento sono di seguito trattati singolarmente.

### ***1.1 Età di servizio***

Questo fattore si riferisce alla posizione dei singoli sistemi critici rispetto al loro tempo di vita atteso. L'estensione sicura della vita dell'impianto è uno scopo essenziale della gestione dell'invecchiamento, quindi si ammette che si possa estendere ben oltre il valore iniziale di progetto, a condizione di aumentare in proporzione le compensazioni, fatti salvi gli specifici obblighi normativi.

Per compilare il Modulo 1 occorre partire dalla lista delle attrezzature critiche, per ciascuna di esse andrà indicata l'età reale e il tempo di vita atteso (età massima di progetto) e calcolato il rapporto, in forma percentuale. In mancanza di un tempo di vita di progetto, si possono utilizzare i valori derivati dalla normativa, dalla letteratura e dall'esperienza condivisa all'interno di associazioni industriali.

Per alcuni tipi di attrezzature il tempo di vita è strettamente legato all'altezza del sovrasspessore di corrosione. Il tempo di vita progettuale, di solito, è calcolato sulla base dei ratei di corrosione attesi, che spesso sono ipotizzati, a titolo conservativo, maggiori dei ratei reali. Se il sistema di gestione prevede un monitoraggio del rateo di corrosione, il tempo di vita atteso può essere aggiornato sulla base del reale rateo di corrosione, piuttosto che sul rateo



teorico. La raccolta negli anni dei dati sulla corrosione è essenziale per poter stimare successivamente la vita residua delle attrezzature. Nel caso sia stato calcolato il tempo residuo di vita utile, esso può essere utilizzato per calcolare il parametro da mettere a denominatore. Il tempo di vita atteso delle attrezzature sarà la somma del tempo consumato e del tempo residuo.

Qualora un'attrezzatura sia stata oggetto di ripristino o ammodernamento con interventi significativi su parti rilevanti, il tempo di vita atteso potrà essere ricalcolato dal momento dell'intervento. Fanno fede le documentazioni di spesa, la tipologia di verifiche effettuate e le certificazioni ottenute, secondo le norme tecniche applicabili. Il tempo di vita ripartirà dal momento dell'intervento. Gli interventi possibili sono molto diversi in funzione dei tipi di attrezzatura. Per i serbatoi atmosferici, per esempio, è possibile un rifacimento del fondo e del trincarino e l'esecuzione di queste operazioni consente di avere un'estensione confrontabile alla costruzione ex novo.

Per le attività sui serbatoi fuori terra degli stabilimenti per GPL, che furono adeguati alle prescrizioni del DM 13 ottobre 1994 con l'applicazione di coibentazione esterna, le attività svolte a suo tempo sul serbatoio sono tali da consentire la ripartenza della vita utile dalla data in cui fu effettuato l'adeguamento.

Per altri tipi di attrezzatura, l'esecuzione di interventi meno radicali porterà ad estensioni più ridotte, da valutare caso per caso, tenendo conto anche delle indicazioni fornite dal fabbricante.

Se pertinente si può calcolare la percentuale d'invecchiamento sulla base delle ore di esercizio (attuali e attese) invece che sul tempo trascorso. Questo vale in particolare per le situazioni dove prevalgono meccanismi di deterioramento che agiscono solo durante l'esercizio. È il caso in particolare delle attrezzature sottoposte a fiamma o che operano in condizioni di temperatura/pressione particolarmente elevate. Le ore attese sono le ore stimate in fase progettuale, aggiornate a seguito di successivi controlli ispettivi eseguiti e documentati.

Per le attrezzature che lavorano in condizioni di regime tali per cui possono essere significativi fenomeni di scorrimento viscoso o di fatica oligociclica, in base al DM 11 aprile 2011 allegato II, cap. 4.7.5, devono essere applicate le prescrizioni tecniche in materia, che richiedono, a tempi stabiliti, la verifica strumentale delle condizioni e il ricalcolo della vita utile residua, oltre la quale l'attrezzatura non sarà autorizzata ad esercire, a meno di successive valutazioni. Per queste attrezzature specifiche il rapporto fra tempo di vita reale non può superare quello atteso, ed il punteggio avrà un valore 1 o 2.

Per i sistemi rotanti, a differenza dei sistemi statici, la sostituzione delle parti in movimento usurate è nella normale prassi. L'unica parte certamente non sostituibile è la cassa, alla quale si farà riferimento per la compilazione del modulo. L'età attuale e il tempo di vita attesa sono quelli della cassa<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Ai fini del metodo, può essere ragionevole assumere tempi di vita utile considerevoli (p.e. cinquanta o più anni). Pompe e compressori, infatti, possono essere mantenuti in esercizio sicuro per lungo tempo, a condizione che siano sempre sottoposti ad accurata manutenzione e soprattutto che le parti interne usurabili siano sostituite quando necessario. Il solo limite è la fattibilità tecnica ed economica di tali sostituzioni.

Modulo 1 (riempire colonna 2 e 3 oppure 4 e 5 in alternativa)

#Attrezzatura critica	Ore esercizio attuali	Ore max esercizio attese	Età reale	Età max attesa	Rapporto % (col. 2/col. 3) oppure (col. 4/col. 5)	Punteggio singola attrezzatura (vedi Tabella 1)
Punteggio complessivo						= <i>media punteggi</i>

Tabella 1: Penalità per "età" (in alternativa ore di esercizio)

Punteggio	Rapporto età/tempo di vita atteso (anni/ore esercizio)
1	$R \leq 90\%$
2	$90 < R \leq 100 \%$
3	$100 < R \leq 110 \%$
4	$R > 110\%$

## 1.2 Fermate Impreviste

Questo fattore è il rapporto fra il numero delle fermate impreviste e il numero di fermate totali.

Le fermate impreviste si intendono quelle per cui tempi e procedure di fermata diversi da quelli definiti dai manuali operativi (ad esempio per interventi dei sistemi di blocco e di sicurezza automatici) sono tali da indurre potenziali stress termici e meccanici anormali. Per ogni impianto, di cui fa parte l'attrezzatura interessata alla verifica, si dovrà riportare il numero di fermate impreviste e il numero di fermate totali (programmate più impreviste) verificatesi nel periodo di osservazione (vedi definizioni) e calcolare il rapporto. Si deve considerare la media dei valori ottenuti per ogni impianto. Nel caso in cui per un certo fattore non siano state registrate fermate (programmate o previste) per tutto il periodo di osservazione, il singolo fattore resta nullo.

In alcuni tipi di impianti esistono fermate previste ma non programmate, relative a condizioni di assenza dell'energia elettrica previste da specifici contratti di fornitura. Queste non andranno computate, a condizione che il gestore abbia nel sistema di gestione della sicurezza un'apposita procedura delle fermate non programmate, che riduca al minimo gli stress termici e meccanici cui è soggetto l'impianto e l'attrezzatura in mancanza di energia elettrica.

Il presente punto non si applica ai sistemi dinamici, incluse macchine rotanti.

Il concetto di fermata imprevista non è applicabile agli impianti di stoccaggio permanente, sia in pressione che atmosferici. In questi casi i fattori saranno considerati "fattori nulli" (vedi definizioni). Per gli impianti batch, le fermate previste (a denominatore) sono giornaliere, per cui è difficile avere un punteggio superiore a 1. Questo ha senso, perché le conseguenze delle fermate impreviste nei reattori sono molto minori rispetto a quelle su impianti continui.

### Modulo 2

#Attrezzatura critica	N° fermate impreviste	N° fermate totali	Rapporto % (col. 2/col. 3)	Punteggio singola attrezzatura (vedi Tabella 2)
Punteggio complessivo				= <i>media punteggi</i>

Tabella 2: Penalità fermate impreviste

Punteggio	Rapporto fermate impreviste/fermate totali
1	$R \leq 10\%$
2	$10 < R \leq 25\%$
3	$25 < R \leq 60\%$
4	$R > 60\%$

### 1.3 Frequenze di guasto

Questo fattore comprende solo i guasti degli elementi critici. Il fattore considera il numero di guasti realmente registrati nel periodo di riferimento. Questo numero va confrontato con i valori attesi in base alle frequenze di guasto riportate nel database di riferimento utilizzato per la redazione del Rapporto di Sicurezza<sup>5</sup>. Le frequenze di guasto del database vanno assunte come frequenze di riferimento  $f_{riferimento}$ . Per ogni attrezzatura critica, occorre riportare nel Modulo 3 il numero di guasti registrati e il numero di guasti attesi. Il numero di guasti atteso è dato dal prodotto di  $f_{riferimento}$  per il numero di anni del periodo di osservazione, pari ad almeno 10 anni. Il valore dei guasti attesi sarà, per ogni elemento, un numero decimale, sicuramente minore di 1. La sommatoria di tutti i valori di guasto attesi deve essere arrotondata all'intero superiore, che rappresenta il numero di guasti che sono effettivamente attesi su tutto lo stabilimento nel periodo di osservazione. All'intero così ottenuto va rapportato il numero di guasti realmente registrato. Dal rapporto R ottenuto si calcola il punteggio, secondo la Tabella 3 di assegnazione. I danneggiamenti rilevati in corso d'ispezione (vedi modulo 1.5) non vanno computati come guasti.

---

<sup>5</sup> Tipici database utilizzati per la stesura dei rapporti di sicurezza sono RIVM/TNO/PurpleBook HSE/FRED, AMINAL, OREDA, EXIDA. Per le macchine rotanti sono anche utilizzati i tassi di guasto forniti dai costruttori nei manuali d'uso.

### Modulo 3

#Attrezzatura critica	Numero guasti registrati Intero	Numero di guasti attesi in base ai ratei di guasto di riferimento decimale		
	= somma1	= somma2	$R = \text{somma 1}/\text{somma 2}$	Punteggio (vedi Tabella 3)

Tabella 3: Penalità per tassi di guasto

1	$R \leq 0,5$
2	$0,5 < R \leq 1$
3	$1 < R \leq 1,5$
4	$R > 1,5$

### 1.4 Incidenti e Quasi Incidenti

È un fattore complessivo che prende in considerazione tutti gli *eventi significativi* (incidenti, quasi incidenti, anomalie), così come definiti nel paragrafo "definizioni" del presente documento, riportati negli ultimi 10 anni, per verificare quanti di questi siano correlati in tutto o in parte a vari fenomeni di deterioramento (quali corrosione, erosione, fatica, logoramento ecc.). Nessun tipo di attrezzatura va escluso. Si considera il rapporto percentuale fra numero di "eventi significativi" riconducibili a fenomeni di deterioramento e il numero totale di eventi riportati negli ultimi 10 anni. I dati da considerare sono esclusivamente quelli che, in sede di verifica ispettiva SGS, vengono riportati nella sezione 2 ("Analisi dell'esperienza operativa") della appendice 2 "Criteri e procedure per la conduzione delle ispezioni" ex art. 27 D.lgs. 105/2015 (vedi Allegato H).

Modulo 4 (si applica all'intero stabilimento)

Numero eventi registrati negli ultimi 10 anni	Numero di eventi connessi al deterioramento	Rapporto R (col. 2/col. 1) in %	Punteggio (vedi Tabella 4)

Tabella 4: Penalità per "incidenti, quasi incidenti e anomalie" dovute a deterioramento

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

### 1.5 Danneggiamenti

Questo fattore si riferisce ai danneggiamenti "gravi" delle attrezzature critiche, come rilevati attraverso i controlli programmati o estemporanei. I danneggiamenti sono considerati "gravi" quando compromettono o riducono la funzionalità dell'attrezzatura e devono, conseguentemente, essere riparati al più presto, al fine di ripristinare le condizioni iniziali d'integrità. Sono considerati gravi i difetti che avevano richiesto la messa fuori servizio dell'attrezzatura fino al ripristino della piena funzionalità dell'attrezzatura (e riqualificazione se richiesta). I guasti già riportati al modulo 1.3 non vanno inclusi al modulo 1.5. Nella presente versione i difetti minori, cioè quelli che non richiedono interventi immediati, non sono considerati. Al denominatore va messo il numero di attrezzature critiche presenti nello stabilimento, mentre al numeratore il numero di danneggiamenti o difetti gravi che sono stati rilevati nel corso degli ultimi 10 anni durante le ispezioni.

Per quanto riguarda le macchine rotanti vanno considerati i danneggiamenti (p.e. fessurazioni, deformazioni) alle parti fisse (cassa) che richiedono interventi ricostruttivi. Gli interventi di normale sostituzione di parti deteriorate con pezzi di ricambio non vanno incluse nel modulo 5.

#### Modulo 5

#Attrezzatura critica	Numero di danneggiamenti gravi negli ultimi 10 anni		
Numero attrezzature	=somma	$R = \frac{\text{rapporto}}{\text{somma/numero attrezzature}}$	Punteggio (vedi Tabella 5)

Tabella 5: Penalità per "danneggiamenti e difetti"

Punteggio	% Attrezzature danneggiate
1	$R \leq 1\%$
2	$1\% < R \leq 3\%$
3	$3\% < R \leq 5\%$
4	$R > 5\%$

### 1.6 Meccanismi di deterioramento

Questo fattore è legato ai meccanismi fisici e chimici di deterioramento delle attrezzature critiche, dei quali il gestore dovrebbe avere perfetta conoscenza e controllo. Di seguito la trattazione riguarda principalmente i sistemi statici, per i quali i meccanismi di deterioramento sono dovuti all'interazione dei materiali con l'ambiente esterno e con il fluido interno. Nelle macchine rotanti l'interazione fra le varie parti in movimento diventa importante. Per questo si devono seguire criteri specifici, che sono riportati al termine del paragrafo.

Un riferimento importante, per la conoscenza dei meccanismi di deterioramento, è dato dalla API 571 che identifica, nei soli impianti petroliferi, almeno 63 differenti meccanismi che agendo sui materiali possono portare, nel tempo, ad una compromissione delle caratteristiche delle attrezzature (p.e.

assottigliamento, infragilimento, fessurazione). In questo fattore si fa riferimento, per ciascun meccanismo, alla difficoltà di rilevare in tempo i primi effetti sui materiali, alla velocità di propagazione degli effetti e alle conseguenze corrispondenti al livello massimo al quale possono giungere gli effetti.

#### Modulo 6

#Attrezzatura critica	Meccanismi di deterioramento	Meccanismo di deterioramento con il punteggio più alto	Punteggio (vedi Tabella 6a o 6b)
Punteggio complessivo			= <i>media punteggi</i>

Per ogni attrezzatura critica si dovrà riportare il meccanismo di deterioramento "prevalente" e il relativo punteggio. Viene considerato prevalente, per definizione, il meccanismo con il punteggio più alto. All'interno di un'unità logica può esserci un meccanismo di deterioramento prevalente, in tal caso si applica il medesimo a tutte le attrezzature critiche dell'unità. Alcune attrezzature, al contrario, possono essere così complesse da avere meccanismi di deterioramento differenti nelle diverse parti. È il caso delle colonne, per le quali i meccanismi di deterioramento possono essere molto diversi in funzione delle temperature di esercizio dei diversi stadi. Ai fini di questo calcolo i meccanismi vanno trattati separatamente salvo poi ricomporli nella media.

Per ogni meccanismo di deterioramento, vi è un fattore di gravità da 1 a 4. Questo fattore fa riferimento alle conseguenze dei fenomeni, alla difficoltà di rilevamento (mediante una tecnica di ispezione) e alla velocità di propagazione dei fenomeni. I presupposti di questo punto sono la solida conoscenza di tutti i fenomeni chimici e fisici possibili, nonché l'informazione esatta sui materiali e le condizioni di esercizio passate e presenti.

Di seguito vengono riportati i criteri adottati e i punteggi parziali e totali. Tanto più è alto il punteggio, tanto più il meccanismo richiede attenzione. I punteggi parziali considerano la rilevabilità, la velocità di propagazione e le conseguenze. Il punteggio complessivo è la media fra i tre punteggi parziali.

#### *Rilevabilità*

Il punteggio è tanto più alto quanto più è difficile rilevare e misurare gli effetti del fenomeno. La motivazione è evidente: tanto più è difficile rilevare un fenomeno, tanto più difficile è controllarlo. Questo parametro tiene conto delle difficoltà intrinseche, dovute alla natura fisica del fenomeno, e delle difficoltà pratiche che derivano dal tipo di strumentazione di misura richiesta, dai costi di acquisto e di uso, dalle competenze richieste per l'utilizzo, dall'affidabilità e dalla ripetibilità delle misure, nonché da tutti gli aspetti organizzativi e metodologici legati alla misura.

Livello 1: rilevazione facile, significa che per una buona rilevazione del fenomeno è sufficiente un esame visivo (semplice o adjuvato) e tutte le parti sono ben accessibili.

Livello 2: rilevazione relativamente facile, tipicamente sono richiesti controlli non distruttivi, con strumentazione specialistica e personale qualificato.

Livello 3: rilevazione relativamente difficile. Questo punteggio si applica nel caso in cui siano richieste prove parzialmente invasive o campioni sacrificali, da analizzare successivamente. Tali prove si applicano anche nel caso in cui le tecniche non distruttive, nel contesto dell'impianto, risultino di difficile esecuzione. Le motivazioni possono essere, ad esempio, il costo elevato della misurazione, la necessità di ripetere le misure su molti punti diversi a causa dell'elevata variabilità spaziale, la difficoltà di accesso ai punti da misurare, l'interferenza con il normale esercizio.

Livello 4: massima difficoltà di rilevamento, la rilevazione è possibile solo durante le fermate, con prove particolarmente invasive o potenzialmente pericolose per l'ispettore e con metodi di indagine complessi per rilevare il fenomeno.

Sono da considerarsi, cautelativamente, di livello 4 anche i fenomeni di deterioramento per i quali non esiste una conoscenza scientifica consolidata, a ragione dei nuovi materiali, di nuove sostanze e di nuovi processi.

### *Velocità di propagazione*

Il punteggio è tanto più alto, tanto più la propagazione è veloce. Se un fenomeno ha un'evoluzione veloce è difficile intercettarne gli effetti con la necessaria tempestività. Il parametro considerato è la scala temporale, intesa come l'ordine di grandezza della distanza attesa fra l'inizio del fenomeno e il suo manifestarsi in forma di guasto o rottura.

Il punteggio 1 rappresenta i fenomeni che si evolvono con una scala temporale pluridecennale, il punteggio 2 una scala fra 5 e 10 anni, il punteggio 3 una scala fra 2 e 5 anni e il punteggio 4 una scala temporale inferiore ai 2 anni. Anche in questo caso le valutazioni dipendono fortemente dal contesto. Le condizioni di esercizio o quelle ambientali possono accelerare fenomeni che in contesti diversi possono essere più lenti. La velocità del meccanismo è quella rilevata in campo o in assenza di misurazioni affidabili nel tempo di riferimento, quella ipotizzata da letteratura.

### *Conseguenze*

Di tutti i punteggi è quello più dipendente dal contesto. È difficile immaginare che un fenomeno di degrado su un elemento critico possa avere conseguenze trascurabili. La distinzione è fra i fenomeni che al caso estremo possono avere come conseguenze anche cedimenti e rilasci immediati di buona parte della sostanza pericolosa contenuta (livello 4) e i fenomeni che, al peggio, conducono a conseguenze minori della sostanza pericolosa contenuta (tipicamente fori di dimensioni ridotte rispetto alle dimensioni dell'attrezzatura). Il livello sarà 3 per perdite minori di fluidi in pressione o ad alta temperatura; 2 per perdite minori di fluidi non in pressione (pressione e temperatura ambiente). Il livello 1 è riservato ai fenomeni di degrado per i quali si hanno perdite di caratteristiche

funzionali (es. deformazioni, intasamento ecc.), che non implicano rilascio di sostanza.

Nella Tabella 6a si riporta lo schema di calcolo per i meccanismi singoli.

Tabella 6 a

Tipo di meccanismo	Rilevabilità	Velocità	Conseguenze	Media

La Tabella 6b riporta la lista dei meccanismi di deterioramento raggruppati secondo le principali tipologie con i punteggi parziale e totale già calcolati. I meccanismi di deterioramento sono stati raggruppati tenendo conto, in particolare, dei diversi effetti sui materiali. La Tabella 6b ha *valore indicativo* e può essere utilizzata dove non ci siano particolari criticità. Non sono applicabili nel caso di materiali e processi innovativi sui quali la conoscenza è meno consolidata e in caso di condizioni delle attrezzature verificate prossime ai margini di sicurezza.

Tabella 6 b (Indicativa)

Tipo di meccanismo (esempi di riferimento)	Rilevabilità	Velocità	Conseguenz	Media
<b>Metallurgico a lungo termine</b>	4	1	4	<b>3,0</b>
<b>Metallurgico a breve termine</b>	4	4	4	<b>4,0</b>
<b>Meccanismi di assottigliamento localizzati</b>	4	3	4	<b>3,7</b>
<b>Meccanismi di assottigliamento uniforme (corrosione e/o erosione)</b>	2	2	3	<b>2,3</b>
<b>Corrosione dovuta all'ambiente atmosferico</b>	1	1	2	<b>1,3</b>
<b>Tenso-Corrosione con fessurazione</b>	4	2	4	<b>3,3</b>
<b>Danneggiamento da idrogeno ad alta temperatura</b>	4	3	4	<b>3,7</b>
<b>Fatica</b>	3	3	4	<b>3,3</b>
<b>Scorrimento viscoso</b>	4	3	4	<b>3,7</b>
<b>Corrosione sotto isolamento</b>	4	3	3	<b>3,3</b>

Nella valutazione personalizzata si terrà conto delle condizioni, del contesto ambientale, delle risorse disponibili all'interno dello stabilimento (p.e. laboratori e attrezzature specifiche) e di eventuali soluzioni innovative. Lo stesso meccanismo può avere maggiore o minore gravità anche in funzione del contesto ed è quindi possibile, in fase di singola valutazione, aggiornare i valori rispetto a quelli riportati nella Tabella 6b. Per meccanismi non contenuti nell'elenco è sempre possibile calcolare autonomamente il punteggio, utilizzando i criteri



descritti in Tabella 6a. Nel caso di meccanismi concorrenti andrà anche considerato l'effetto sinergico sulla velocità e le conseguenze dei diversi meccanismi presenti, utilizzando, se il caso, fattori parziali più alti.

## Macchine Rotanti

Ai fini del presente metodo vanno considerati solo i meccanismi di deterioramento che riguardano in particolare le parti fisse delle macchine<sup>6</sup>. I criteri di valutazione sono analoghi a quelli dei sistemi statici. Per le parti in movimento per le quali sono possibili sostituzioni con pezzi di ricambio il deterioramento non rientra nel calcolo.

## ***Parte 2 Fattori frenanti (compensazioni)***

In base al sopra menzionato principio di "libertà di scelta", il gestore può scegliere soluzioni tecniche e/o gestionali diverse da quelle menzionate in questo paragrafo, da utilizzare per la compensazione delle penalità. In questo modello si promuove comunque la preferenza verso soluzioni più razionali, senza privilegiare uno standard rispetto agli altri.

I fattori che rallentano l'invecchiamento sono di seguito trattati singolarmente.

### ***2.1 Sistema di gestione ispezioni***

Questo fattore è dedicato alla pianificazione delle ispezioni e dei controlli sulle attrezzature, finalizzata ad assicurare nel tempo le condizioni di integrità, affinché gli impianti operino sempre in condizioni di sicurezza in tutto il loro ciclo di vita. Il D.Lgs 105/2015 richiede che il gestore abbia un piano di controllo sulle attrezzature critiche, ma si lascia libertà di scelta sulle strategie da adottare (periodico, preventivo, basato sul rischio, basato sulle condizioni, dinamico). Lo scopo è quello di mantenere nel tempo una buona conoscenza delle effettive condizioni delle attrezzature con costi e risorse sostenibili.

Il punteggio, per questo fattore, viene assegnato tenendo conto del livello delle informazioni e della conoscenza che esse garantiscono. Al livello 1, la periodicità dei controlli sarà quella di legge o quella indicata dai fabbricanti o dalla normativa settoriale. Al livello 2 le procedure gestionali di ispezione e manutenzione sono basate sulle condizioni<sup>7</sup> e sulla valutazione quantitativa del rischio, dell'affidabilità o della disponibilità; al livello 3 il gestore adotta una linea guida o una buona pratica specifica per la gestione delle ispezioni, almeno per

---

<sup>6</sup> Nelle macchine rotanti i danneggiamenti sono dovuti all'interazione fra il materiale e l'ambiente interno ed esterno, a meccanismi analoghi a quelli che si verificano anche nei sistemi statici. Le impurità e la turbolenza del fluido causano erosione e cavitazione. Il contatto meccanico delle parti in movimento causa logoramento, usura, scheggiature, graffi, solchi ed altre deformazioni.

<sup>7</sup> Anche se non si usano programmi "risk based" formalizzati è comunque essenziale prevedere una intensificazione del tipo e della frequenza dei controlli in funzione delle condizioni, fino a prevedere, per attrezzature vicine ai margini di sicurezza, un monitoraggio delle condizioni. Anche il tipo di controllo dovrà essere verificato congruente con i meccanismi di danno presenti.

attrezzature e impianti critici ai fini degli incidenti rilevanti. Per i sistemi statici si fa riferimento alle seguenti linee guida o pratiche riconosciute:

API 580:2012, API 581:2016, ASME PCC-3-2007, EEMUA 159:2017 (solo per attrezzature a pressione atmosferica), UNI 11325-8:2016 (solo per attrezzature in pressione).

Le citate linee guida sono basate sull'approccio RBI (Risk Based Inspection) e sono adatte in particolare per sistemi statici, l'adattamento ai sistemi dinamici può portare a forzature. Per i sistemi dinamici è consigliato l'approccio RCM (Reliability Centered Maintenance). Utili linee guida per la RCM sono:

SAE JA 1011:1998 e SAE JA 1012A:2002.

Al livello 3 si prevede che il gestore si avvalga di esperti qualificati per applicare lo standard adottato, nonché di software specialistico. Il livello 4 premia la "dinamicità" della gestione delle ispezioni: le procedure del SGS devono assicurare che la programmazione dei controlli venga sempre aggiornata in occasione di modifiche apportate ai materiali trattati e alle condizioni di esercizio, anche senza attendere la naturale scadenza dei piani adottati. La pratica API 584:2014 costituisce una linea guida riconosciuta per un approccio dinamico alla gestione RBI negli impianti di processo petroliferi e petrolchimici.

L'inquadramento delle attività Risk-Based secondo lo standard UNI EN 16991:2018, a differenza delle varie pratiche raccomandate RP di API, offre il vantaggio di un sistema di gestione delle ispezioni certificabile. La norma, a differenza delle API, considera in modo esplicito anche i sistemi dinamici. I due approcci RBI e RCM vengono integrati fra di loro. Trattandosi di uno standard riconosciuto nel sistema normativo italiano ed europeo, a chi lo adotta e lo certifica deve essere riconosciuto il massimo punteggio, cioè 4.

*Modulo 7 (si applica all'intero stabilimento)*

Sistema di gestione delle ispezioni	Punteggio (vedi Tabella 7)

*Tabella 7: Compensazione per "Sistema di gestione delle ispezioni" (controlli su attrezzature critiche)*

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 buone pratiche EEMUA 159:2017, API 581:2016 UNI 11325-8:2015 (con utilizzo di software specifico).
4	Programmazione delle ispezioni RBI (EEMUA, API; ASME, UNI, CEN), aggiornata sistematicamente in base alle variazioni dei materiali e delle condizioni di esercizio. Programmazione dinamica secondo API 584, certificazione secondo UNI EN 16991:2018

## 2.2 **Visite ispettive e Audit del SGS-PIR**

Questo fattore fa riferimento ai risultati di visite ispettive SGS da parte delle autorità e di audit svolti da soggetti terzi sul sistema di gestione e si basa sui loro risultati. Il periodo di osservazione è di almeno 10 anni. Si considerano solo visite ispettive e audit sul SGS-PIR condotti da soggetti indipendenti, terzi rispetto allo stabilimento. Gli audit sul sistema qualità, ambiente, salute e sicurezza occupazionale o altro non vanno inclusi. Tutti i punti del sistema gestionale concorrono direttamente o indirettamente all'invecchiamento sicuro delle attrezzature, quindi tutti i punti vanno considerati.

Per la compilazione del modulo, si richiede di inserire il numero di punti (elementi del SGS-PIR) complessivamente esaminati durante le visite ispettive svolte negli ultimi 10 anni facendo riferimento alla scheda riepilogativa del paragrafo 7.1 del rapporto finale d'ispezione (allegato H, appendice II, parte II, sezione 5 del D.lgs. 105/2015) composta da 27 sottopunti (26 nel caso di lista semplificata per stabilimenti semplici e ad elevato grado di standardizzazione). Il numero dei punti esaminati può anche essere minore di 27, poiché alcune ispezioni SGS possono essere svolte soltanto su alcuni punti del sistema di gestione, se risulta da mandato ispettivo dell'Autorità Competente.

Si considera il rapporto fra il numero di punti con non conformità rilevate (maggiori e minori separatamente) e il numero di punti esaminati nelle ispezioni SGS negli ultimi 10 anni. Il punteggio viene ricavato dalle percentuali di non conformità minori e maggiori (ovvero raccomandazioni e proposte di prescrizione), in base alla Tabella 8. Il punteggio totale di questo fattore di compensazione è dato dalla media dei due punteggi parziali. Le percentuali di riferimento sono desunte dall'esperienza delle visite ispettive espletate su disposizione delle Autorità Competenti nell'ultimo decennio.

*Modulo 8 (si applica a tutti gli audit SGS: interni ed esterni)*

	Punteggio non conformità minori	Punteggio non conformità maggiori
N° punti esaminati negli audit negli ultimi 10 anni		
N° punti con non conformità minori		
N° punti con non conformità maggiori		
% R = (N° punti con non conformità/ N° punti esaminati nelle visite ispettive e audit negli ultimi 10 anni)		
Punteggio parziale	(vedi Tabella 8, col. 2)	(vedi Tabella 8, col. 4)
Punteggio complessivo totale	= media dei due punteggi parziali	

*Tabella 8: Compensazione per "Risultati delle visite ispettive e degli audit"*

Punteggio	% raccomandazioni o non conformità minori	Punteggio	% proposte di prescrizione o non conformità maggiori
1	R > 35%	1	R > 20%
2	25% < R ≤ 35%	2	10 < R ≤ 20%
3	15% < R ≤ 25%	3	5 < R ≤ 10%
4	R ≤ 15%	4	R ≤ 5%

### 2.3 Verifiche di legge sulle attrezzature

Questo fattore si applica alle attrezzature critiche, soggette a verifiche in base a normative, incluse quelle di cui all'allegato VII del D.Lgs 81/08. Per queste si prevedono verifiche periodiche obbligatorie, delle quali sono titolari INAIL, ASL o ARPA e, in casi regolati dal D.M. 11/4/2011, possono essere affidati a soggetti terzi abilitati<sup>8</sup>. Le attrezzature che non sono soggette a verifiche normative da parte di enti esterni non rientrano nell'applicazione del presente punto. Rientrano nel calcolo i risultati positivi dei test (prove) che verificano la funzionalità e l'integrità delle attrezzature nelle modalità di legge (come indicato in Tabella 9). Gli accessori di sicurezza, soggetti alle verifiche funzionali hanno un ruolo essenziale per proteggere le attrezzature e quindi rientrano nella gestione dell'invecchiamento.

Facendo riferimento all'elenco delle attrezzature critiche in pressione occorre indicare il numero di prove di funzionalità eseguite (incluse quelle ex art. 71 D.lgs. 81/08), il numero di prove con esito positivo, il numero di verifiche d'integrità eseguite (decennali) e il numero di verifiche con esito positivo.

Il periodo di osservazione è di almeno 10 anni.

#### Modulo 9 Verifiche sulle attrezzature

#Attrezzatura critica	Solo recipienti tubazioni in pressione			Tubazioni recipienti, pressione e atmosferici		
	n. test funzionali eseguiti	n. verifiche funzionali OK	Punteggio parziale tab.9 col.2	n.verifiche integrità eseguiti	n.verifiche integrità OK	Punteggio parziale tab.9 col.4
	somma1	somma2	$R_1 = \text{somma2} / \text{somma1}$	somma3	somma4	$R_2 = \text{somma4} / \text{somma3}$
			<i>Punteggio parziale</i>			<i>Punteggio parziale</i>
			Punteggio Totale = media dei punteggi parziali ( $R_1$ , $R_2$ )			

Tabella 9: Compensazione per "Risultati delle verifiche"

PROVE FUNZIONALI R1		VERIFICA INTEGRITA R2	
punteggio	% Prove superate positivamente	punteggio	% Prove superate positivamente
1	$R_1 < 90\%$	1	$R_2 < 98\%$
2	$90 \leq R_1 < 95\%$	2	$98 \leq R_2 < 99\%$
3	$95 \leq R_1 < 98\%$	3	$99 \leq R_2 < 99,5\%$
4	$R_1 \geq 98\%$	4	$R_2 \geq 99,5\%$

<sup>8</sup> Per i serbatoi di stoccaggio a pressione atmosferica si considerano le verifiche periodiche fatte nei depositi costieri in base all'art. 49 del D.P.R. 328 del 1952 (codice della navigazione), nonché quelle fatte su base volontaria secondo la norma API Standard 653.

## **2.4 Efficacia dei controlli sulle attrezzature**

Questo fattore tiene conto dell'estensione delle misure effettuate, in termini di frazioni percentuali di attrezzature direttamente misurate, del livello di affidabilità delle misurazioni e dell'appropriatezza delle misurazioni in funzione dei meccanismi di deterioramento in atto. I riferimenti per l'appropriatezza sono le tabelle di associazione "meccanismi di deterioramento - metodo di ispezione", riportate da standard riconosciuti, fra i quali si citano UNI 11325-8, appendice B per le attrezzature in pressione, UNI EN 16991:2018 Annex A8 e la linea guida HSE RR509 §3.4. Per l'efficacia delle ispezioni bisogna considerare i vari tipi di misura ed, in particolare, l'estensione, il grado di copertura ottenibile e la probabilità di rilevare i danni o difetti in funzione delle loro dimensioni caratteristiche. Nella Tabella 10a si riportano i criteri da usare per associare i punteggi alle tecniche utilizzate. La classificazione da 1 a 4 proposta nel metodo ha equivalenza negli standard più comuni. Nella Tabella 10a si riportano le corrispondenze con la classificazione a 5 punti utilizzata nell'allegato 1 di UNI 11325-8 appendice C e al punteggio da D ad A utilizzato dalla norma API 581 parte 2. La categoria "E" di API 581 non è applicabile ad elementi critici.

Nella norma API 581 parte 2 l'efficacia delle tecniche per i diversi meccanismi è dettagliata in una serie di tavole<sup>9</sup> all'interno dei capitoli dedicati agli stessi, alle quali si può fare riferimento per una più completa definizione.

Un ulteriore riferimento può essere lo standard UNI EN 16991 annex 8, in cui per i diversi meccanismi si propongono degli intervalli di probabilità di rilevamento in funzione delle dimensioni del difetto. Il punteggio 4 corrisponde alla scelta con probabilità più alta di rilevamento, il punteggio 1 alla probabilità più bassa fra quelle indicate. Anche in EEMUA:159 E.3.5.2.1 si propone una classificazione in ordine crescente delle tecniche di misura relativamente ai serbatoi atmosferici. Analogamente al presente metodo, si prevedono ugualmente 4 livelli di efficacia crescente: 1 per esame visivo con spessimetrie ultrasuoni in punti spot, 2 per spessimetria ultrasuoni su grigliato, 3 per scan completo con fluidi magnetici e ultrasuoni, 4 per scan con correnti indotte.

Il monitoraggio in continuo delle condizioni di integrità è una soluzione innovativa che sta entrando già nella pratica industriale. I notevoli sforzi fatti dalla ricerca in questi anni fanno presumere a breve una diffusione maggiore di soluzioni di questo tipo. È chiaro che in questo modo i difetti si possono rilevare appena si rendono manifesti, senza aspettare la cadenza delle ispezioni. Al momento, esistono già soluzioni per il monitoraggio ad ultrasuoni degli spessori, monitoraggi acustici delle vibrazioni, monitoraggi dei difetti attivi con le emissioni acustiche, monitoraggio di tubazioni con onde guidate. Anche se i sistemi di monitoraggio continuo non sostituiscono le ispezioni in modalità convenzionale, rappresentano, ove applicabili, un grande passo avanti. L'adozione di tali sistemi è, quindi premiata, con il valore più alto.

Un altro elemento che contribuisce all'efficacia delle ispezioni è la qualificazione degli ispettori che fa riferimento alle norme ASNT e UNI/ISO 9712<sup>10</sup>. Nella

---

<sup>9</sup> In particolare, con riferimento all'edizione 2008 si tratta delle tabelle da 5.5 a 5.10; 7.2, 8.2, 9.2,10.2,11.2,12.2,13.2,14.2, 15.2, 16.1,17.2,18.1, 20.2. Ciascuna delle 18 tavole è riferita a tipologie specifiche di meccanismi di deterioramento che si manifesta in classi diverse di attrezzature.

<sup>10</sup> Nel caso le prove richieste siano repliche metallografiche, invece della ISO 9712 si applica la UNI 11373.

Tabella 10 b si riportano i punteggi da assegnare alle diverse qualificazioni possibili. Per ogni attrezzatura critica occorre considerare il livello di adeguatezza ed efficacia delle ispezioni effettuate, facendo riferimento alla Tabella 10a, nonché il livello di qualificazione del personale addetto alle prove non distruttive, come da Tabella 10b. Si deve calcolare, poi, la media dei valori ottenuti per ciascuna attrezzatura per avere un punteggio per ognuna di esse; infine, si calcola la media di tutti i punteggi medi delle attrezzature.

Per le macchine rotanti, non è applicabile la classificazione proposta alla tabella 10a, idonea per i controlli su recipienti e tubazioni. Inoltre, ispezione e manutenzione non sono separabili. La strategia manutentiva prevede azioni diverse, che includono oltre alle verifiche periodiche interne, con sostituzione delle parti consumate, anche il controllo delle attrezzature in marcia, con giri di controllo strutturati, esame visivo e controllo rumore ed eventuale monitoraggio continuo delle vibrazioni. Il punteggio da inserire in colonna 2, sarà assegnato secondo la tabella 10c.

#### Modulo 10

#Attrezzatura critica	Adeguatezza delle ispezioni (vedi Tab. 10, col. 1)	Qualificazione ispettori/ditta (vedi Tab. 10, col. 3)	Punteggio singola attrezzatura critica (MEDIA della riga)
Punteggio complessivo:			= <i>media delle medie</i>

Tabella 10a: *Compensazione per "Efficacia delle ispezioni" - parte a*

Punteggio	Efficacia, estensione e adeguatezza delle ispezioni	Corrispondenza API581 Parte 2	Corrispondenza UNI 11325:8 allegato 1
1	Tale da garantire con sufficiente attendibilità l'individuazione dei difetti, il degrado del materiale e i sottospessori	<i>D</i>	<i>Sufficiente</i>
2	Tale da garantire con buona attendibilità l'individuazione di difetti, il degrado del materiale e i sottospessori	<i>C</i>	<i>Media-Buona</i>
3	In grado di rilevare il danno nella maggior parte dei casi (90%)	<i>B</i>	<i>Alta</i>
4	In grado di rilevare il danno in quasi tutti i casi	<i>A</i>	<i>Elevata</i>

*Tabella 10b: Compensazione per "Efficacia delle ispezioni" – parte b*

Punte	Qualificazione degli Ispettori e della ditta
1	Dimostrata competenza/esperienza
2	Ispettori qualificati secondo standard ASNT
3	Ispettori qualificati secondo Norme UNI EN ISO (p.e. ISO 9712:2012) <sup>11</sup>
4	Ditta certificata in qualità per le misurazioni, Ispettori tutti qualificati secondo Norme ISO

*Tabella 10c: Efficacia, estensione e adeguatezza dei controlli su macchine rotanti*

Punte	Efficacia, estensione e adeguatezza delle ispezioni
1	Controlli con giro periodico
2	Controllo con giro strutturato con verifica visiva e controllo rumore anomalo
3	Giro strutturato e piano di controllo vibrazioni
4	Sistemi di controllo e monitoraggio strumentale continuo

## **2.5 Controllo di processo**

Il controllo stretto dei parametri di processo (pressione, temperatura, flussi, livelli, ecc.) è un fattore che contribuisce ad evitare situazioni che possono aumentare più del dovuto lo "stress" cui sono sottoposti i materiali. In particolare, il minimo livello riconoscibile per questo fattore è l'adozione di sistemi di controllo basati su sensori e regolatori che controllano i parametri di esercizio, incluse temperatura, portata e pressione. L'adozione di standard che garantiscano l'affidabilità dei sistemi elettronici preposti allo scopo (IEC 61508 e IEC 61511) può essere considerata un elemento premiante anche ai fini di un invecchiamento "sicuro". Un livello elevato di sicurezza, prescelto nell'ambito dell'applicazione di IEC 61511, è un fattore di ulteriore apprezzamento. Questo punto si riferisce all'intero stabilimento.

*Modulo 11 (si applica all'intero stabilimento o eventualmente alle unità di stabilimento)*

Sicurezza funzionale	Punteggio (vedi Tabella 11)

<sup>11</sup> Per gli ispettori delle macchine rotanti non si applica la ISO 9712, ma si ricorre ad attestazioni, fra le quali la certificazione API SIRE, che ai fini del punteggio vanno comunque considerate in modo equivalenti.

Tabella 11: Compensazione per la "sicurezza funzionale"

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 e certificato IEC 61511 o 615108 sicurezza dei sistemi di blocco (almeno SIL=2)

Se ci sono unità (p.e. produzione, stoccaggio, carico, ecc.) che rispondono diversamente ai quattro criteri indicati, il modulo andrà applicato alle singole unità ed il valore del punteggio risulterà come media dei punteggi delle singole unità.

## **2.6 Rivestimenti e protezioni**

Questo fattore entra in gioco nel caso di utilizzo di rivestimenti interni (es. *cladding* e *lining*) o esterni, nonché di altre protezioni (es. *protezione catodica*). La presenza di misure specifiche, ove applicabile, deve essere considerata come riportato in Tabella 12a. Per ogni attrezzatura critica che presenti protezioni fisiche, occorre considerare la frequenza d'ispezione del rivestimento e le relative condizioni rilevate nell'ultima ispezione. Si fa riferimento agli intervalli di ispezione (minimo e massimo) raccomandati in letteratura. Nella Tabella 12b si riportano gli intervalli di riferimento per i principali sistemi di protezione.

Per ogni attrezzatura si deve considerare, quindi, la media dei valori risultanti per la frequenza d'ispezione e le condizioni rilevate nell'ultima ispezione. Se non sono applicabili protezioni specifiche ad una certa attrezzatura, come, ad esempio, per macchine rotanti, questo resterà un fattore nullo.



Modulo 12

#Attrezzatura critica	Tipo di rivestimento	Frequenza d'ispezione del rivestimento (vedi Tab. 12, col. 2)	Condizioni rilevate nell'ultima ispezione (vedi Tab. 12, col. 4)	Punteggio della singola attrezzatura critica (MEDIA dei due punteggi)
Punteggio complessivo:				= <i>media dei punteggi</i>

Tabella 12a: Compensazione per "protezioni specifiche" (rivestimenti)

1		2		3		4	
Punteggio		Intervallo di tempo dall'ultima ispezione del rivestimento		Punteggio		Condizioni di conservazione rilevate nell'ultima ispezione	
1		> intervallo massimo		1		Condizioni povere	
2		intervallo massimo		2		Condizioni medie	
3		intervallo minimo		3		Condizioni buone	
4		< intervallo minimo		4		Condizioni perfette	

Tabella 12b: Intervalli di ispezione per "protezioni specifiche"

Tipo di rivestimento	intervallo massimo	intervallo minimo
rivestimenti interni in lega/vetro	20 anni	10 anni
rivestimenti in fibra di vetro	10 anni	5 anni
refrattari	10 anni	5 anni
rivestimenti esterni	10 anni	5 anni
protezione catodica	5 anni	2 anni

## **Parte 3 Elaborazione dei punteggi raccolti e valutazione finale**

### **3.1 Valutazione di adeguatezza**

Le penalità, assunte di segno negativo, vengono sommate algebricamente alle compensazioni, assunte di segno positivo. Per quanto riguarda i pesi di correzione dei punteggi di ciascun fattore, in questa fase di applicazione del modello si assumono tutti uguali (negativi o positivi, rispettivamente per fattori acceleranti e fattori frenanti). Se per i singoli fattori si volessero fissare pesi differenziati, sarebbe necessario normalizzarli, in modo che le sommatorie separate dei pesi negativi e di quelli positivi risultino unitarie, così da mantenere la possibilità di comparazione dei risultati (*fishbone model*). Si ricorda comunque che i fattori non valutati, perché non applicabili nel contesto, sono considerati fattori nulli, secondo la definizione prima introdotta, e non influenzano i risultati. Come già riportato, il fattore complessivo accelerante 2 (Fermate impreviste) sarà nullo per impianti batch e depositi. Potrebbe essere nullo anche il fattore frenante complessivo 3 (Verifiche di legge), nel caso non siano presenti attrezzature soggette a verifiche di legge, nonché il fattore frenante 6 (Rivestimenti e protezioni) se non sono applicabili protezioni specifiche. Nel caso in cui questi fattori siano applicabili solo ad alcune elementi critici, il corrispondente punteggio entrerà nella media con un peso inferiore rispetto agli altri; il peso sarà proporzionale al numero di elementi ai quali è stato applicato. Il modulo 13 riporti i passaggi necessari per arrivare alla valutazione finale. L'indice complessivo è, ad una prima valutazione, la semplice differenza fra le medie dei punteggi positivi (frenanti) e quelle dei punteggi negativi (acceleranti). Per tenere conto di possibili effetti fuorvianti introdotti dalle diverse operazioni di integrazione si introduce un fattore correttivo, di cui al successivo paragrafo.

Modulo 13: Elaborazione dei punteggi nella valutazione sintetica della gestione dell'invecchiamento

Fattori acceleranti (penalità)	Applicabilità	Peso	Punteggio
1 Età di servizio	Tutti	1	
2 Fermate impreviste	Tranne Serbatoi di stoccaggio lungo termine e macchine rotanti;	Numero elementi per cui applicato/ Numero totale elementi	
3 Frequenze di guasto	Tutti	1	
4 Incidenti e quasi incidenti	Tutti	1	
5 Danneggiamenti	Tutti	1	
6 Meccanismi di deterioramento	Tutti	1	
Media (eventualmente pesata) fattori acceleranti <b>A</b>			
Fattori frenanti (compensazioni)	Applicabilità	Peso	Punteggio
1 Sistema di gestione ispezioni	Tutti	1	
2 Visite ispettive e Audit SGS-PIR	Tutti	1	
3 Verifiche di legge	Solo per attrezzature in pressione (Allegato VII D.Lgs 81/08)	Numero elementi per cui applicato/ Numero totale elementi	
4 Efficacia delle ispezioni	Tutti	1	
5 Controllo di processo	Tutti	1	
6 Rivestimenti e Protezioni	Solo se presenti	Numero elementi per cui applicato/ Numero totale elementi	
Media (eventualmente pesata) punteggi fattori frenanti <b>F</b>			
Indice complessivo grezzo <b>I = A - F</b>			
Fattore Correttivo <b>C</b> (vedi Tabella 13)			
Indice finale <b>IC = I - C</b>			

Si pretende che le compensazioni superino le penalità, per ottenere una differenza di segno positivo. Una differenza di segno negativo è un segnale che il sistema deve essere migliorato attraverso ulteriori misure compensative, tecniche o gestionali. Il punteggio ottenuto nelle specifiche voci aiuterà a individuare le misure più opportune per portare il sistema di gestione dell'invecchiamento ad un livello adeguato. Si suggerisce di simulare l'introduzione di soluzioni tecniche e organizzative (p.e. adozione RBI, applicazione sensoristica per monitoraggio) per valutare il loro impatto sull'indice e poter individuare le soluzioni adeguate. I valori positivi, ma prossimi allo zero, possono comunque essere problematici. È evidente che il fattore "età" è quello che peggiora inevitabilmente; pertanto il gestore dovrà rivalutare regolarmente l'indicatore, adottando misure migliorative per evitare che, prima della successiva ispezione, l'indice scenda a valori negativi.

### **3.2 Analisi di coerenza**

Per una ulteriore validazione dei risultati, si procede ad una verifica finale degli elementi di variabilità che, nascosti dall'uso delle medie aritmetiche, potrebbero ridurre la credibilità dei risultati.

L'utilizzo delle medie per il calcolo dei fattori complessivi "nasconde" la presenza di valori estremi, dei quali bisogna comunque tenere conto; l'analisi di coerenza tiene conto anche di questo aspetto, in particolare per i fattori "età" e "meccanismi di danno". La presenza nello stesso stabilimento di attrezzature molto vecchie e di attrezzature molto nuove potrebbe far risultare una valutazione "media", fuorviante. Analogamente, la presenza di attrezzature soggette a meccanismi molto aggressivi ed attrezzature interessate da meccanismi più blandi potrebbe portare a valutazioni ottimistiche. Per questi due fattori si calcola la deviazione standard; se la deviazione è superiore a 1 si applica una penalizzazione ulteriore di 0,1 punti per ciascuno.

Un ulteriore aspetto su cui si deve porre l'attenzione è che, per ogni elemento critico, i fattori frenanti, ed in particolare i fattori più controllabili "efficacia delle ispezioni" e "rivestimenti e protezioni", siano adeguati a bilanciare i rispettivi fattori acceleranti, in particolare, i fattori "età di servizio" e "meccanismi di deterioramento". Il calcolo dell'indice di correlazione fra i fattori frenanti e i fattori acceleranti consente di avere in modo sintetico un indicatore di coerenza. Un indice di correlazione positivo dimostra che esiste una complessiva coerenza, mentre un indice di correlazione negativo è il segnale di una pianificazione poco coerente delle attività ed implica una penalizzazione di 0,1 punti sull'indice complessivo. Le penalizzazioni servono anche ad avere una visione d'insieme di tutti i fattori, evidenziando eventuali incongruenze nella gestione dell'invecchiamento.

Nella tabella 13 si riassumono le penalizzazioni ulteriori nel riesame dei fattori. Le penalizzazioni indicate alla tabella 13 non si applicano se il numero di elementi critici è minore di 10.

Tabella 13: Correzioni per verifica consistenza statistica.

Fattore	Indicatore	Soglia	Penalità possibile	Penalità
Variabilità età di servizio	Deviazione Standard	>1,0	0,1	
Variabilità meccanismi di deterioramento	Deviazione Standard	>1,0	0,1	
Consistenza fra Fattori Frenanti e Fattori Acceleranti	Indice di correlazione	>0,0	0,1	
Fattore correttivo C = somma penalità.				

### 3.3 Utilizzo della valutazione

La commissione incaricata dello svolgimento delle ispezioni ex art. 27 D.Lgs 105/2015 userà i risultati dell'applicazione del metodo, e in particolare l'indicatore complessivo, per decidere eventuali raccomandazioni e/o proposte di prescrizione. In appendice A si riporta una tabella di corrispondenza fra l'indice complessivo IC e le azioni suggerite alla commissione incaricata. Si tratta di suggerimenti di tipo generale; eventuali raccomandazioni o proposte di prescrizione verranno poi valutate dalla commissione secondo la normale prassi ispettiva.

### 3.4 File excel

Viene resa disponibile una cartella excel, che implementa il metodo qui descritto. La cartella contiene 12 fogli excel, corrispondenti ai 12 moduli descritti nei precedenti paragrafi, oltre ad un primo foglio di istruzioni e a due fogli per i calcoli finali e le verifiche di coerenza.

I moduli da 1 a 12 vanno riempiti singolarmente seguendo le semplici istruzioni generali contenute nel primo foglio e quelle specifiche riportate nei singoli moduli. Le istruzioni contenute servono solo a facilitare l'uso del software, mentre per i contenuti del metodo il solo riferimento è il presente documento. Ove possibile, il file excel prevede l'uso di menù a tendina per facilitare la scelta all'interno di elenchi predefiniti, comunque presenti nel presente documento. La presenza del menù a tendina è segnalata con il simbolo ▾. La cartella excel contiene due fogli per il calcolo del punteggio finale e le verifiche di coerenza. I due fogli non vanno compilati dall'utente, è il software stesso che li riempie in automatico, utilizzando le formule descritte nella parte 1 e 2 del documento.

## **Gruppo di lavoro**

*Coordinatore del Gruppo:* Paolo Bragatto (INAIL)

*INAIL:* Emanuele Artenio, Elisabetta Bemporad, Corrado Delle Site, Annalisa Pirone, Maria Rosaria Vallerotonda

*ISPRA:* Fabrizio Vazzana

*ARPAL Liguria:* Tomaso Vairo

*ARPAV Veneto:* Marco Ziron

*ARPA Piemonte:* Francesca Bellamino

*Consulenza Scientifica:* Maria Francesca Milazzo (Università di Messina)

*Revisione e aggiornamento (2<sup>a</sup> Edizione)*

Francesca Bellamino, Elisabetta Bemporad, Corrado Delle Site, Annalisa Pirone, Tomaso Vairo, Maria Rosaria Vallerotonda, Fabrizio Vazzana, Maria Francesca Milazzo.

## **Ringraziamenti**

Si ringraziano i rappresentanti dei portatori d'interesse, che con critiche costruttive, suggerimenti e sperimentazioni in situ, hanno contribuito alla stesura del metodo ed alla sua revisione.

*Unione Energia per la Mobilità (già Unione Petrolifera):* Barbara Arduini, Antonio Barison, Paolo Leonardi, Fausto Sini, Andrea Stagni.

*Federchimica:* Alessandra Pellegrini, Giuseppe Astarita.

*Federchimica-Assogasliquidi:* Filippo De Cecco.

## Bibliografia

- API 2003. Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry. RP 571, American Petroleum Inst., Washington, USA.
- API, 2014. Integrity Operating Window RP 584, American Petroleum Inst., Washington, USA
- API, 2014 Standard 653 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, American Petroleum Inst., Washington, USA
- API, 2016a, Risk-Based Inspection RP580, 3<sup>rd</sup> ed., American Petroleum Inst., Washington, USA
- API, 2016b, Risk-Based Inspection Technology RP581, 3<sup>rd</sup> ed., American Petroleum Inst., Washington, USA.
- ASME, 2007, PCC-3 Inspection Planning Using Risk-based Methods. American Society of Mechanical Engineers, New York, USA
- EEMUA, 2014, Users' guide to the inspection, maintenance and repair of aboveground vertical cylindrical steel storage tanks, P159 4<sup>th</sup> ed. EEMUA London, UK.
- Energy Institute, 2016, Research Report: Guidance on available literature for assessing and managing ageing plant at bulk storage facilities, London.
- ESReDa, 2006, Ageing of Components and Systems, Eds: Lars Petterson and Kaisa Simola. An ESReDa Working Group Report. Det Norske Veritas Oslo, NO
- EUR, report no. 26331 (2013) Corrosion Related Accidents in Petroleum Refineries. Wood, M. H., Arellano, A. V., & Van Wijk, L. European Commission Joint Research Centre
- HSE, 2012, Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments – FRED Health & Safety Executive London UK
- HSE, 2010, Plant Ageing Study – A Summary Guide, Research Report RR823, Health & Safety Executive London UK
- HSE 2006, Plant ageing, Management of equipment containing hazardous fluids or pressure, Research Report RR509, Health & Safety Executive London UK
- IAEA, 2004 Management of life cycle and ageing at nuclear power plants: Improved Maintenance & Control of Nuclear Power Plant, TECDOC-1402 International Atomic Energy Agency, Vienna, A
- IEC 61508: 2010 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems, Geneva CH
- IEC 61511:2016 Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector, Geneva CH
- ISO 9712:2012 Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel, Geneva CH.
- Milazzo, M.F Bragatto, P. 2019 A framework addressing a safe ageing management in complex industrial sites: The Italian experience in «Seveso» establishments *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 58 70-81
- OECD, 2017, Environment, Health and Safety Publications, Series on Chemical Accidents, No. 29, Ageing of hazardous installations, ENV/JM/MONO/2017/9, Paris, F
- OREDA, 2015, Offshore and onshore reliability data handbook 2015, 6th edition – Volume I - II Oslo, NO
- SAE JA 1011:1998. Evaluation Criteria for Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) Processes, Warrendale, PA USA
- SAE JA 1012A:2002. Guide to the Reliability - Centered Maintenance (RCM) Standard, Warrendale, PA USA
- UNI 11325-Parte 8 2013 Pianificazione delle manutenzioni su attrezzature a pressione attraverso metodologie basate sulla valutazione del rischio (RBI), Milano, Italia
- UNI 10617:2019 Impianti a rischio di incidente rilevante Sistemi di gestione della sicurezza Requisiti essenziali, Milano, Italia
- UNI EN 16991:2018 Quadro di riferimento per le ispezioni basate sul rischio (Risk Based Inspection Framework), Milano, Italia

**Appendice A Azioni suggerite sulla base dell'indice complessivo IC**

<b>IC</b>	ADEGUATEZZA PIANO DI MONITORAGGIO	AZIONI	NOTE	REVISIONE DEL SISTEMA
$\leq -0,5$	<i>Fortemente Inadeguato</i>	<i>Analizzare le cause dell'inadeguatezza del sistema identificando le criticità e i possibili interventi tecnici e gestionali.</i>	<i>Le misure compensative includeranno miglioramenti impiantistici e/o ad un monitoraggio degli elementi critici con le migliori tecniche CND disponibili.</i>	<i>Va verificato con simulazione numerica che l'indice diventi positivo a seguito dell'adozione delle misure prescritte e che tale possa mantenersi negli anni seguenti.</i>
$> -0,5$ $\leq 0$	<i>Inadeguato</i>	<i>Analizzare gli elementi migliorabili e i possibili interventi tecnici e gestionali.</i>	<i>Le misure compensative includeranno il l'adozione di sistemi di gestione integrità di tipo risk based e/o monitoraggio degli elementi critici con le migliori tecniche CND disponibili.</i>	<i>Va verificato con simulazione numerica che l'indice diventi positivo con l'adozione delle misure raccomandate o prescritte e che tale possa mantenersi negli anni seguenti.</i>
$> 0$ $\leq 0,5$	<i>Migliorabile</i>	<i>Analizzare la coerenza dei risultati, Analizzare gli elementi migliorabili</i>	<i>Le misure compensative potranno includere l'adozione di sistemi di gestione integrità di tipo risk based o monitoraggio degli elementi critici con tecniche CND più efficaci.</i>	<i>Va verificato con simulazione numerica che l'indice con l'adozione delle misure raccomandate resti positivo nei tre anni successivi.</i>
$> 0,5$	<i>Adeguito</i>		<i>Nessuna azione particolare, ma si consiglia comunque un'attenzione alle tecniche di controllo e alla gestione dell'integrità</i>	<i>Va verificato con simulazione numerica che l'indice resti sempre positivo nei tre anni successivi.</i>