

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Chimica e dei Materiali

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Chimica e dei Processi Sostenibili

Tesi di Laurea Magistrale

Monitoraggio dell'invecchiamento delle installazioni a rischio di incidente rilevante



Relatore

prof. Luca Marmo

Candidato

Mariachiara Farnè

Marzo 2019

*A mia nonna,
per il sostegno costante di tutti questi anni*

Indice

Premessa	iii
1. Introduzione	1
2. Invecchiamento	3
3. Analisi del rischio: metodologia Risk Based Inspection	9
3.1 Modello tradizionale di analisi del rischio e metodologia Risk Based a confronto	9
3.3 Classificazione delle metodologie RBI	12
3.4 Fasi per l'applicazione di un approccio RBI semi-quantitativo o quantitativo	13
3.4.1 Raccolta o aggiornamento	13
3.4.2 Definizione del rischio	14
3.4.3 Gestione e monitoraggio del rischio.....	14
3.4.4 Esecuzione del piano ispettivo e manutentivo	14
4. Metodo a indici per la gestione dell'invecchiamento	15
4.2 Calcolo dei moduli.....	19
4.2.1 Fattori acceleranti	20
4.2.2 Fattori acceleranti	25
4.2.3 Indice Compensato	30
5. Deposito soggetto alla valutazione di gestione dell'invecchiamento	32
6. Applicazione del metodo	35
6.1 Qualificazione dei fattori acceleranti	35
6.1.1 Tempo di servizio/età	35
6.1.2 Fermate.....	36
6.1.3 Tasso di guasto	37
6.1.4 Incidenti e quasi incidenti	40
6.1.5 Danneggiamenti	40
6.1.6 Meccanismi di deterioramento	41
6.1.7 Penalità complessiva	42
6.2 Quantificazione dei fattori frenanti	42
6.2.1 Sistema di gestione integrità	43
6.2.2 Risultati delle visite ispettive e degli Audit del SGS-PIR.....	43
6.2.3 Pianificazione e risultati delle ispezioni.....	43
6.2.4 Efficacia delle ispezioni	46
6.2.5 Controllo di processo	47
6.2.6 Rivestimenti e protezioni specifiche	47

6.3 Calcolo dell'Indice Compensato	48
7. Valutazioni e considerazioni aggiuntive.....	51
8. Conclusioni.....	61
9. Bibliografia	63
10. Indice delle Figure.....	65
11. Indice delle Tabelle.....	67
APPENDICE A.....	i
APPENDICE B.....	iv

Premessa

Il presente elaborato è stato redatto con il supporto dell'Azienda Tecsca S.r.l., società di consulenza specialistica fondata da Carlo Fiorentini nel 1979.

Tecsca S.r.l. è operante sia a livello nazionale che internazionale con lo scopo di fornire un supporto di consulenza nel campo della sicurezza, dell'antincendio, dei sistemi di gestione e dell'ingegneria forense con particolare attenzione alle aziende soggette all'applicazione delle direttive Seveso.

Nel corso degli anni il mercato di riferimento a partire dal mondo della raffinazione e della petrolchimica si è esteso al settore militare, a quello dei trasporti e alle infrastrutture critiche tra cui porti, aeroporti e stazioni ferroviarie.

Direttore Esecutivo di Tecsca è Luca Fiorentini, ad oggi uno dei maggiori esperti italiani in materia di analisi del rischio, rischio di incendio e ingegneria antincendio orientata alla prestazione, riconosciuto dal Politecnico di Torino come esperto della materia "Codici e simulazione di eventi incidentali per la riconduzione della dinamica incidentale rispetto agli elementi probatori". Insieme a tutto il senior management, contribuisce alla condivisione del know-how nel campo della sicurezza e dell'attività di ricerca e sviluppo della società.

1. Introduzione

Il Decreto Legislativo numero 105 del 26 giugno 2015, noto come Seveso III, è una norma europea tesa alla prevenzione e al controllo dei rischi di accadimento di incidenti rilevanti dovuti alla presenza, in ambito industriale, di sostanze classificate pericolose e presenti all'interno degli stabilimenti in quantità superiori ai limiti di soglia stabiliti dal Decreto stesso. A tale proposito si definisce *l'incidente rilevante* come: «*un evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verificano durante l'attività di uno stabilimento [...] e che dia luogo a un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose*» (Decreto Legislativo n.105, 2015).

In tutta Europa, all'interno della Banca Dati MARS, tra il 1980 e il 2006 sono stati segnalati 96 incidenti rilevanti relativi alla perdita potenziale di contenimento che si stima siano dovuti all'invecchiamento dell'impianto. Questi rappresentano ben il 30 % di tutti gli eventi incidentali gravi registrati nel suddetto database ed equivalgono ad una perdita complessiva di 11 vite, 183 feriti e oltre 170 milioni di euro di perdita economica.

Sempre da fonte MARS, si contano in Italia dal 2001 al 2017 29 incidenti catalogati come gravi di cui 8 dovuti a perdite di contenimento riconducibili all'invecchiamento.

Sulla base di ciò si evince che la problematica connessa all'*aging* risulta essere sempre più rilevante sia in ambito europeo che nazionale soprattutto a fronte di numerosi impianti che stanno accumulando anni e anni di attività.

La gestione dell'invecchiamento delle attrezzature industriali è un compito complesso, soprattutto negli Stabilimenti a rischio di incidenti rilevanti.

Per contrastare tale fenomeno sono previste varie attività tecniche e manageriali, a questo proposito i gestori di uno stabilimento devono includere controlli all'interno di un piano organico, tenendo conto del potenziale delle tecnologie più innovative.

Numerosi sono i piani intrapresi dai diversi Paesi per la per la valutazione e gestione del fenomeno che in Italia si è tradotto nella pubblicazione della Linea Guida "*Valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli stabilimenti Seveso*" che risulta essere il frutto di una collaborazione tra INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro Infortuni sul Lavoro), ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), ARPAL (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure), ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto), ARPA Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) e il Ministero dell'ambiente della tutela del territorio e del mare.

Scopo di tale elaborato è la presentazione, applicazione e discussione della metodologia che si propone come mezzo utile per gli ispettori e auditor Seveso che hanno il difficile compito di valutare in breve tempo l'adeguatezza del piano di monitoraggio, capendo se le tecniche adottate risultano congruenti con i diversi meccanismi di invecchiamento in atto e con le diverse condizioni trovate a livello di Stabilimento.

Per adempiere a questa finalità, nel primo capitolo viene descritto il fenomeno dell'invecchiamento fornendo per prima cosa una sua definizione formale. Nel seguito vengono individuati due diversi approcci di valutazione del fenomeno: quello *deterministico* e quello *probabilistico* e si definiscono infine le due metodologie di intervento del gestore per contrastare l'invecchiamento, in particolare si parla di *interventi hardcore* e *softcore*.

Il secondo capitolo contiene un'analisi comparativa tra metodologie tradizionali di valutazione del rischio e Risk Based (RB) con un focus sulle metodologie Risk Based Inspection (RBI) che saranno descritte in maniera quanto più dettagliata possibile evidenziandone punti di forza e fasi di applicazione.

La parte teorica dell'elaborato si conclude con il Capitolo 4 in cui viene descritto nel dettaglio il metodo proposto per la valutazione della gestione dell'invecchiamento negli impianti a rischio di incidente rilevante.

La sezione pratica inizia quindi con una descrizione dello Stabilimento rientrante in Seveso oggetto di analisi. Qui verranno indicate tutte le informazioni utili al fine dell'applicazione della metodologia senza però aggiungere descrizioni e caratteristiche peculiari che ne permettano l'identificazione nel rispetto del rapporto di segretezza intercorrente tra i gestori dello Stabilimento e l'Azienda Tecsca s.r.l.

Nel capitolo successivo si applica la metodologia descritta allo Stabilimento giustificando tutti i valori che rientreranno nel calcolo ed esplicando le decisioni prese in ambito di valutazione. A partire da tale valutazione cominceranno ad emergere alcune delle criticità proprie del metodo che verranno esaminate e commentate.

All'interno del Capitolo 7 si riportano commenti dei risultati ottenuti, valutazioni integrative ed eventuali critiche ed osservazioni nella prospettiva che questo lavoro possa risultare utile per effettuare miglioramenti nel metodo allo scopo di renderlo più efficace senza perderne l'intuitività e facilità di esecuzione.

2. Invecchiamento

Il numero di guasti e/o danneggiamenti che un'apparecchiatura subisce a partire dal tempo di installazione fino a quello di dismissione influenza il suo stato di *invecchiamento*. Con tale termine infatti, non si intende un fenomeno dipendente solo dall'età di un componente bensì dal numero di modifiche che lo stesso ha subito nel tempo in termini di deterioramento e/o danno subito (Santucci, 23 marzo 2018).

La problematica connessa all'*aging* degli impianti e delle apparecchiature è centrale in Italia e più in generale in Europa in conseguenza del progressivo invecchiamento delle strutture industriali costruite in passato e ancora operanti.

Tutti i componenti di un impianto industriale sono soggetti a fenomeni di deterioramento la cui causa può essere attribuita alle sollecitazioni subite durante il loro funzionamento, all'effetto della compatibilità dei materiali con le sostanze utilizzate e alle condizioni di esercizio previste.

Essere a conoscenza dei meccanismi di decadimento prestazionale delle apparecchiature è fondamentale per programmare correttamente gli interventi manutentivi. A tale fine l'esperienza operativa dei gestori dell'impianto e dei verificatori ispettivi può fornire importanti elementi di indagine e suggerimenti per una corretta gestione degli impianti.

Questa tematica emerge, anche nel punto b dell'allegato 3 della Direttiva Seveso III riguardante il Sistema di Gestione della Sicurezza per la Prevenzione di Incidenti Rilevanti (SGS-PIR): « *Controllo operativo: adozione e applicazione di procedure e istruzioni per il funzionamento in condizioni di sicurezza, inclusa la manutenzione dell'impianto, dei processi e delle apparecchiature e per la gestione degli allarmi e delle fermate temporanee; tenendo conto delle informazioni disponibili sulle migliori pratiche in materia di monitoraggio e controllo al fine di ridurre il rischio di malfunzionamento del sistema; 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*».

L'invecchiamento si manifesta il più delle volte sotto forma di deterioramento delle apparecchiature ed è spesso causa di rilasci di sostanze pericolose che possono portare a incidenti rilevanti. È chiaro quindi che componenti soggetti a tale fenomeno possono ridurre le performance dell'impianto oltre che comprometterne i livelli di sicurezza.

Ad oggi si individuano due diversi approcci per la valutazione dell'invecchiamento: quello deterministico e quello probabilistico (Paolo Bragatto, 2017).

L'*approccio deterministico* è applicato ad apparecchiature già in stato di invecchiamento la cui degradazione subirà probabilmente una forte accelerazione. In tal caso si intensificano i controlli sull'apparecchiatura fino alla sua dismissione.

Per alcune tipologie di apparecchiature sono state messe in atto specifiche linee guida al fine di monitorare i fenomeni di degrado.

Tale approccio ha senso se applicato ad apparecchiature vicine alla fine del proprio tempo di missione e per questo non sarà oggetto di ulteriore approfondimento in questo elaborato.

L'*approccio probabilistico* è quello basato sul rischio, si applica a tutte le apparecchiature indipendentemente dal tempo di vita operativa di esse e si basa su sofisticati programmi di ispezione e manutenzione che tengono conto della probabilità di fallimento di un'apparecchiatura che a sua volta è influenzata dalle frequenze di guasto previste in seguito ai risultati delle ispezioni precedenti. Tale metodologia sarà oggetto del capitolo successivo.

Secondo un approccio tradizionale di tipo probabilistico, la propensione al guasto di un'apparecchiatura è prevedibile attraverso il suo *rateo di guasto (funzione di rischio)* in funzione del tempo ($h(t)$) che si definisce come la probabilità che un'apparecchiatura che al tempo t si trova in uno stato di buon funzionamento si guasti in un tempo compreso tra $t+dt$.

In formula:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - f(t)} \quad (2.1)$$

Dove:

- $f(t)$ è la funzione *densità di probabilità di guasto*, cioè la probabilità che un componente messo in funzione al tempo $t=0$ si guasti esattamente al tempo $t+dt$.
- $F(t)$ è la funzione di *inaffidabilità* ovvero la probabilità di guasto tra l'istante iniziale e quello finale dell'intervallo considerato.
- $R(t)$ è la funzione di *affidabilità* definita come la probabilità che un componente del sistema (o il sistema stesso) abbia un corretto funzionamento durante un intervallo di tempo $(0-t)$ dato e in determinato ambiente di lavoro.

Considerato un tempo t , il numero di guasti nell'unità di tempo riferito alle apparecchiature ancora funzionanti al tempo t prende il nome di *tasso di guasto ($\lambda(t)$)* definito in occasioni/anno. Essendo dimensionalmente pari all'inverso di un tempo può essere interpretato come la velocità attraverso cui un guasto si verifica.

Per descrivere il comportamento di un'apparecchiatura durante la sua vita utile, è possibile scegliere tra diversi approcci che portano ad esprimere correlazioni leggermente diverse tra le funzioni sopra descritte.

Il primo è la *Distribuzione esponenziale*, che risulta essere il modello più comunemente usato per descrivere la durata di vita di un'apparecchiatura. La sua caratteristica principale è quella di considerare il tasso di guasto pressoché costante durante tutto il tempo di missione perdendo così la dipendenza di questo dal tempo. Si dice in queste circostanze che il componente valutato risulta "privo di memoria" in quanto non si tiene conto del suo invecchiamento.

Il secondo modello è definito attraverso la *Distribuzione di Weibull* in cui si considera la dipendenza del tasso di guasto dal tempo per mezzo di un parametro aggiuntivo (α) che prende il nome di *parametro di forma* che risulta essere adimensionale non negativo. Il tale contesto quindi, si valuta un'apparecchiatura tenendo conto del suo tempo di vita in funzione del quale si ottengono valori di $\lambda(t)$ differenti.

Nella Tabella (2.1) sono messe a confronto le relazioni caratterizzanti le due diverse distribuzioni.

Tabella 2.1: Distribuzione esponenziale vs Distribuzione di Weibull

Funzione	Distribuzione esponenziale	Distribuzione di Weibull
F(t)	$1 - e^{-\lambda t}$	$1 - e^{-\lambda t^\alpha}$
R(t)	$e^{-\lambda t}$	$e^{-\lambda t^\alpha}$
f(t)	$\lambda - e^{-\lambda t}$	$\lambda \alpha t^{\alpha-1} e^{-\lambda t^\alpha}$
h(t)	λ	$\lambda \alpha t^{\alpha-1}$

Si noti come, coerentemente con quanto descritto, la funzione di rischio coincide con il rateo di guasto nella Distribuzione esponenziale e con una funzione differente, in cui sono presenti tempo e parametro di scala, nella Distribuzione di Weibull.

Si noti però, come assumere un valore di α uguale 1 all'interno della Distribuzione di Weibull porti ad ottenere le medesime relazioni espresse attraverso il modello esponenziale, si evince quindi che quest'ultimo risulta essere un caso semplificato del primo.

Attraverso la rappresentazione dell'andamento della funzione del rischio $h(t)$ nel tempo che caratterizza la Distribuzione di Weibull è facile mettere in luce la differenza principe tra i due modelli.

Tale andamento è espresso mediante una curva nota con il nome di *bath-tube* rappresentata in Figura (2.1).

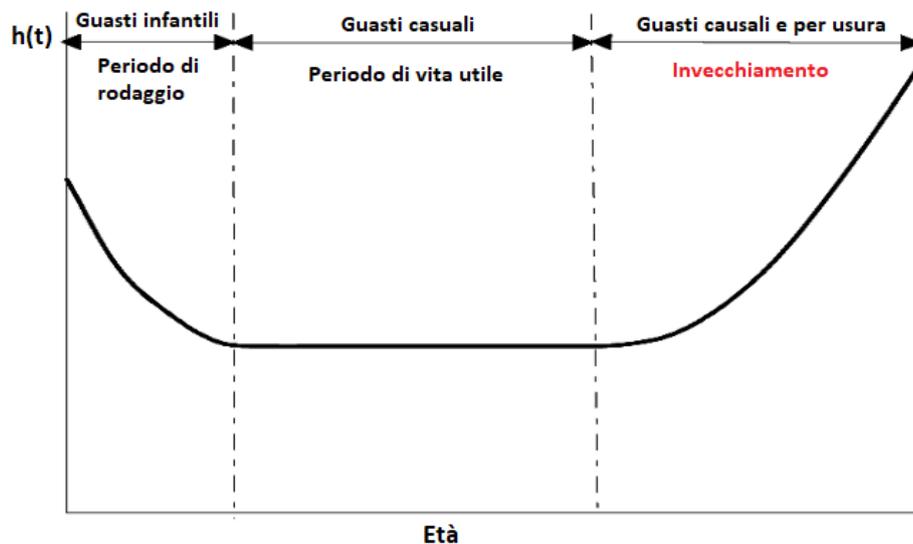


Figura 2.1: Curva Bath-tube

Coerentemente con quanto riportato in Figura (2.1), graficando la funzione di rischio di un'apparecchiatura in funzione del tempo è possibile distinguere tre diversi tratti della curva ottenuta che sono caratterizzati da tre diversi valori di α e rappresentano tre diversi tipi di guasto che possono interessare la vita di un'apparecchiatura.

Descrivendo gli andamenti della curva considerando un'età crescente si evidenziano i:

- *Guasti infantili*: si presentano nel primo periodo di vita dell'apparecchiatura, noto anche come periodo di rodaggio, con una probabilità di accadimento decrescente nel tempo caratterizzato da valori di $\alpha < 1$. La loro natura è legata a difetti intrinseci dell'apparecchiatura che non sono emersi durante i collaudi. Tali guasti si devono all'incapacità dell'apparecchiatura di resistere alle sollecitazioni a cui è sottoposta e, nell'ottica di una buona progettazione, possono essere dovuti ad errori di montaggio. L'andamento decrescente è dovuto al fatto che un'apparecchiatura sottoposta a guasti infantili migliora il proprio stato con il tempo a seguito di riparazioni e sostituzioni di componenti difettosi.
- *Guasti casuali*: noti anche come guasti accidentali sono quelli che si verificano durante l'intera vita dell'apparecchiatura (vita utile) e presentano una probabilità di accadimento indipendente dal tempo e quindi dal periodo di esercizio accumulato. Solitamente sono dovuti a condizioni di esercizio non nominali che determinano forti stress sull'apparecchiatura compromettendone l'operatività. Non essendo guasti tempo-dipendenti sono caratterizzata da un valore di $\alpha = 1$, allora in accordo con quanto detto in precedenza, qui il modello di distribuzione esponenziale coincide con quello definito attraverso la distribuzione di Weibull.
- *Guasti per usura*: sono guasti causali che interessano l'apparecchiatura che si trova al termine della sua vita utile, in particolare iniziano a verificarsi a partire da un tempo corrispondente all'età media di funzionamento. Sono dovuti a fenomeni di invecchiamento e deterioramento strutturale e materiale. In accordo con l'affermazione che più un componente invecchia, più ne aumenta la probabilità di guasto, il tratto della curva risulta essere crescente e caratterizzato da valori di $\alpha > 1$.

Tale descrizione è stata svolta considerando le apparecchiature ma, contestualizzando il loro utilizzo all'interno di un impianto o stabilimento, è chiaro che i tipi di guasto interessano l'intera realtà produttiva che, a seguito di un malfunzionamento potrebbe aver necessità di sospendere l'attività, oppure potrebbe essere interessata da una produttività ridotta per il tempo intercorrente tra il guasto e la riparazione.

Allora, tale descrizione, avvalora le considerazioni su scritte riguardanti l'importanza e la necessità di gestione del processo in invecchiamento dei componenti di un impianto (o di uno stabilimento) per poterne mantenere uno stato di sicurezza adeguato.

La gestione sicura dell'invecchiamento è possibile, ma tre elementi risultano essenziali a questo scopo:

- Conoscenza di tutti i meccanismi di deterioramento: chimici e fisici, interni ed esterni, continui ed occasionali, che potrebbero influenzare l'attrezzatura durante la sua vita;
- Informazioni e documentazione dell'intera storia dell'attrezzatura: a partire dai codici di progetto adottati, i materiali da costruzione, le diverse condizioni d'uso, ogni riparazione e cambiamento che si è verificato nel corso degli anni;
- Dati su specifici meccanismi di deterioramento: derivano da test non distruttivi e da misurazioni indirette e contribuiscono al monitoraggio delle condizioni di integrità e funzionalità dei sistemi.

Dati, informazioni e conoscenze sono essenziali per prevedere e controllare il futuro delle apparecchiature.

La fase iniziale della vita, quando le fasi di progettazione e costruzione di qualsiasi componente facente parte di un impianto sono documentate, è il momento giusto per preparare un invecchiamento sicuro.

Le informazioni sulla storia dell'apparecchiatura diventano preziose per prendere le giuste decisioni in materia di ispezione, manutenzione e ampliamento del servizio negli ultimi anni. Sulla base della solida conoscenza delle leggi fisiche e chimiche che regolano il deterioramento e le informazioni raccolte, è possibile prevedere il comportamento dei materiali in funzione del quale vengono pianificate le ispezioni al fine di verificarne lo stato. Se la conoscenza dei meccanismi di deterioramento è scarsa, o le informazioni relative alla vita passata sono perse, i dati di misurazione non sono sufficienti per un buon processo decisionale.

Secondo le leggi fisiche e chimiche, il deterioramento dipende dal materiale di costruzione, dalle sostanze contenute e lavorate, dai parametri operativi e dall'ambiente esterno, nonché dagli incidenti passati. Per tale ragione, gli eventi accaduti e le azioni che sono state fatte o omesse lasciano un segno sull'apparecchiatura e la prima ad una situazione in cui le condizioni di sicurezza sono compromesse (Paolo Bragatto, 2017).

In base a queste considerazioni, le azioni che i gestori possono predisporre per prevedere e controllare l'invecchiamento delle apparecchiature sono suddivise in due categorie:

- *hardcore*: questi si riferiscono al controllo mediante misurazioni e, ove possibile, azioni correttive volte a contrastare qualsiasi processo noto di deterioramento (fisico, chimico e biologico);
- *softcore*: si riferisce alla raccolta e alla gestione di conoscenze, informazioni e dati al fine di avere il massimo controllo nel prevedere il momento in cui l'apparecchiatura deve essere rimossa dal servizio.

Il primo è legato a fattori fisici con effetti diretti, qui vengono anche considerati gli eventi e le azioni avvenute nel passato come incidenti, arresti imprevisti, guasti e le riparazioni successive.

Il secondo è invece legato a fattori gestionali indiretti che influenzano l'invecchiamento come conoscenza e informazione, questa parte è la più importante per fermare l'invecchiamento nel presente, anche se è risaputo che tutto ciò che non è stato fatto o che è stato fatto male nel passato diventa un fattore di accelerazione dell'invecchiamento.

Tutti gli aspetti legati al fenomeno di aging qui presente saranno oggetto di analisi al fine di effettuare una valutazione sulla gestione dell'invecchiamento degli stabilimenti Seveso.

3. Analisi del rischio: metodologia Risk Based Inspection

3.1 Modello tradizionale di analisi del rischio e metodologia Risk Based a confronto

Con il D.lgs. 9 aprile 2008, n 81 viene esplicitato il concetto di rischio come: “la probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione.”.

La determinazione del rischio è legata alla probabilità che un certo evento possa verificarsi e alle conseguenze ad esso connesse in termini di salute e sicurezza sia delle persone interne allo stabilimento che di quelle limitrofe, dell’ambiente e della redditività del sistema produttivo (Appendice A), in formule questo concetto può essere espresso come:

$$R = m \times p$$

Dove m è la magnitudo delle conseguenze e p la probabilità di accadimento di un evento.

La Figura (3.1) presenta la dipendenza del rischio da probabilità e magnitudo dell’evento: si considerano a questo scopo due curve RA e RB parametrizzate sulla base di un certo valore di rischio ($RA > RB$), allora si evince che per diminuire il rischio del sistema da RA a RB sono possibili tre cammini differenti:

- C: diminuzione della magnitudo;
- D: diminuzione della frequenza;
- E: diminuzione di entrambi.

Sulla base di tale analisi vengono definiti gli interventi necessari alla riduzione del livello di rischio che possono essere distinti in:

- *Interventi di Protezione*: azioni atte alla diminuzione della magnitudo del danno, quindi non si agisce sulla riduzione della probabilità che un evento ha di manifestarsi.
Per effettuare questo tipo di interventi è necessario ad esempio:
 - Incrementare i sistemi di sicurezza dell’impianto;
 - Modificare il layout di impianto.
- *Interventi di Prevenzione*: azioni da attuare allo scopo di ridurre la probabilità che un evento dannoso si verifichi, in questo caso non si interviene sulla magnitudo del danno.

In questo contesto si può agire su diversi fronti tra cui:

- Ottimizzare le tipologie dei controlli periodici sulla base delle necessità;
- Ottimizzare frequenza e tipologia di controllo manutentivi;
- Modificare la metallurgia dei materiali impiegati;
- Variare le condizioni di esercizio.

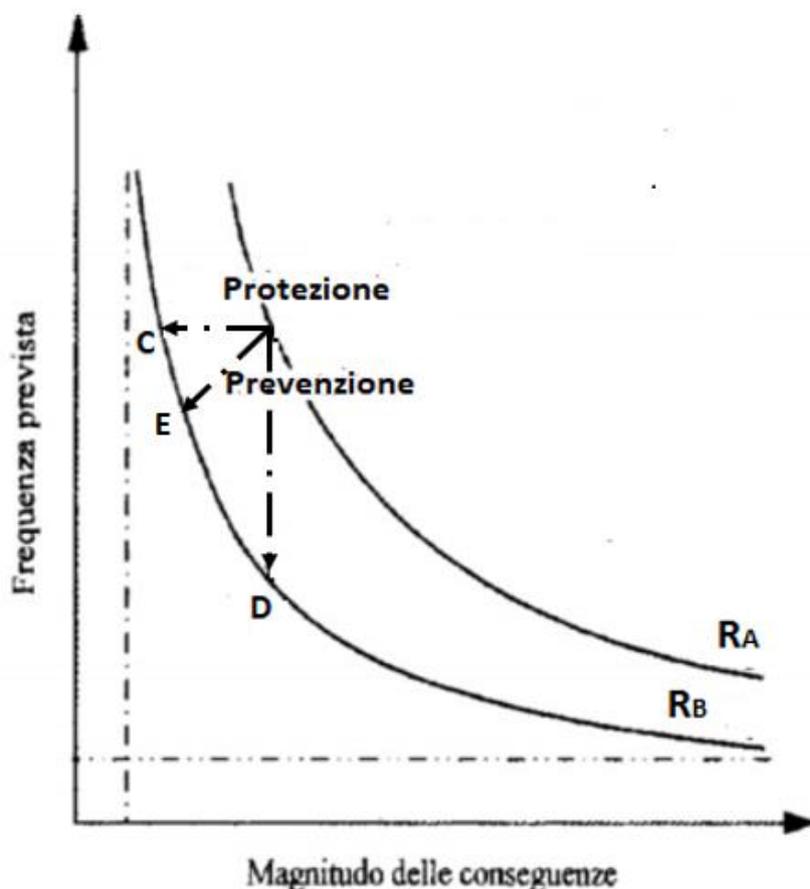


Figura 3.1: Curve di rischio

Per le aziende a rischio di incidente rilevante è fondamentale il controllo e mantenimento del grado di rischio a livelli accettabili attraverso una politica della sicurezza focalizzata principalmente su misure preventive. A questo proposito, un ruolo fondamentale è assunto dalla gestione dei processi di manutenzione delle apparecchiature che non solo deve essere finalizzata ad assicurare la continuità operativa ma deve anche garantire le condizioni di stabilità per prevenire perdite di prodotto che possono determinare danno all'uomo e/o all'ambiente.

In tale contesto, si distinguono l'*approccio tradizionale* e quello invece noto con il nome di *Risk Based* (RB). Secondo il primo, entro una data prefissata si devono svolgere in modo specifico precise attività ispettive, mentre con il secondo le attività prescritte possono essere anticipate o posticipate sulla base delle reali condizioni del sistema valutato e le relative metodologie dovranno essere stabilite sulla base dei bisogni reali.

Ciò porta a dedurre che con un approccio RB le risorse dedicate alla sicurezza vengono ottimizzate e concentrate dove risultano essere più utili, evitando attività superflue, sgravando da obblighi formali i soggetti che ottengono i migliori risultati e incrementando l'attività per la sicurezza in tutti quei contesti che presentano un rischio maggiore.

Tale metodo risulta sicuramente migliore di quello tradizionale che, presentando i modi e le frequenze ispettive a priori, si trova ad oscillare tra due grandi estremi temporali: controlli sporadici che portano ad un aumento di incertezza e diminuzione di informazione oppure controlli troppo frequenti che implicano una penalizzazione dal punto di vista gestionale dovuta alle eccessive fermate del sistema (Bragatto, 17 maggio 2012).

3.2 Metodologia RBI

Ogni impianto industriale è caratterizzato, durante tutto il periodo di vita, da un livello di rischio chiamato *rischio residuo* frutto del fatto che il rischio non può essere totalmente eliminato nonostante le misure intraprese per ridurlo, per questa ragione viene definito anche *rischio progettuale*.

Risulta quindi fondamentale la capacità di gestione del rischio che è legato a parametri come invecchiamento e stabilità del processo.

A questo proposito, uno strumento che può essere utilizzato è la *metodologia RBI (Risk Based Inspection)* che, sviluppata in accordo con gli standard API 580 e API 581, si propone come mezzo per la realizzazione dei programmi d'ispezione, in essa la caratterizzazione del rischio residuo risulta essere la base per la classificazione delle apparecchiature e la definizione delle strategie ispettive.

L'RBI trova maggiore applicazione nel settore petrolchimico e della raffinazione ma può essere applicato largamente anche negli altri contesti industriali.

La sola restrizione è dovuta all'applicazione del metodo che risulta interessare le sole apparecchiature di contenimento statiche come accumulatori, scambiatori di calore, colonna, reattori, serbatoi e tubazioni. La priorità data a questi sistemi rispetto a quelli di rotanti come pompe, compressori e ventilatori, è dovuta alla maggiore difficoltà di sostituzione dei primi rispetto a questi ultimi che risultano solitamente di facile sostituzione.

Partendo dall'identificazione dei possibili problemi relativi ad un certo impianto la metodica RBI fornisce la possibilità di effettuare interventi di mitigazione del rischio riducendo così la frequenza dei guasti.

Allora, l'obiettivo dell'applicazione di questa metodologia di controllo è quello di colmare le lacune che presenta la programmazione di ispezioni, controlli e manutenzioni basata su tempistiche fisse, che normalmente non tiene conto di quelle che sono state le esperienze precedenti, permettendo così di variare le frequenze delle verifiche effettuate sulle apparecchiature e, in generale, sugli impianti.

L'esaminazione di un impianto mediante RBI può offrire notevoli vantaggi dovuti innanzi tutto al fatto che questa si concentra maggiormente sulle *apparecchiature critiche* aumentando così sicurezza e produttività di ispezione, diminuendo al contempo i tempi di ispezione e controllo e consecutivamente i costi correlati.

Le apparecchiature considerate critiche sono quelle a più alto grado di rischio ovvero quelle che, secondo la valutazione dei rischi effettuata dal gestore, presentano integrità ed efficacia determinanti per evitare eventi incidentali (INAIL, Aprile 2018).

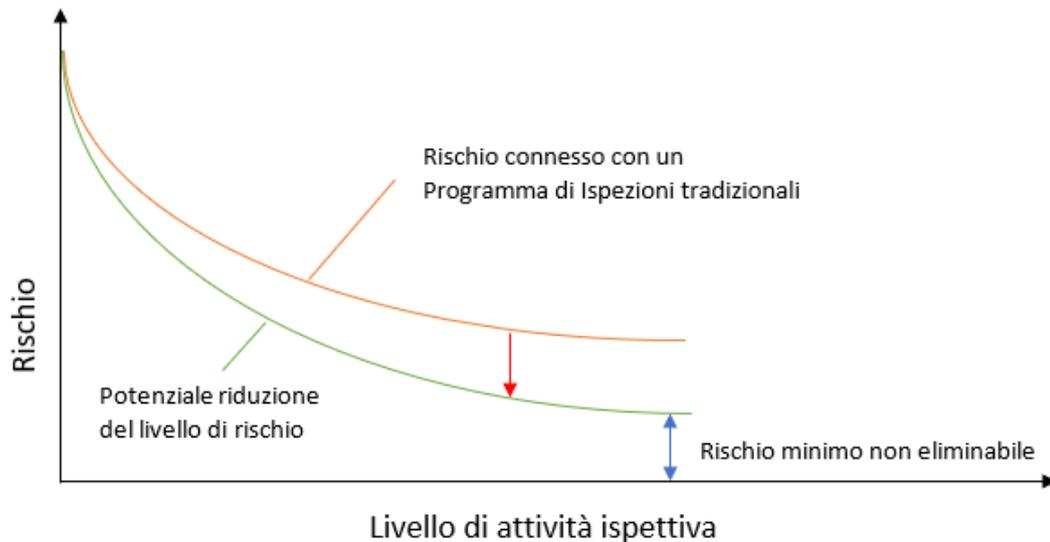


Figura 3.2: Vantaggi della metodologia RBI (Certifico s.r.l, 2019)

3.3 Classificazione delle metodologie RBI

All'interno dello standard API 581 sono descritte tre tipologie di RBI classificate in:

- Approccio qualitativo;
- Approccio semi-quantitativo;
- Approccio quantitativo.

L'*approccio qualitativo* è fondato su giudizi soggettivi e sull'esperienza del personale coinvolto, è considerato una buona base di partenza su cui costruire un'analisi più dettagliata. Richiede poco tempo per essere implementato, ma per contro consta di un carattere assai generale che non porta ad un'analisi conservativa infatti, per applicare questo tipo di approccio, si richiede l'utilizzo di valori medi relativi all'unità valutata che il più delle volte non rispecchiano i casi peggiori che potrebbero verificarsi. Tra i mezzi utilizzati per questo tipo di valutazione si annoverano le *matrici di rischio* (Appendice A) considerati oggi metodi piuttosto arcaici di valutazione che portano a risultati molto approssimativi e influenzati dalla soggettività dell'analista.

Diversamente, l'approccio quantitativo fonda la sua analisi su dati oggettivi basandosi su uno studio di tipo probabilistico per l'evento di rottura e la quantificazione del danno. Tenendo presente che la probabilità è uno dei fattori che definiscono il rischio, aumentando aumenta anche quest'ultimo. Il limite di tale metodo sta nel grado di validità dei dati utilizzati sia per quanto riguarda l'aspetto dello storico ispettivo sia per le assunzioni generali.

Mettendo a confronto questi due diversi approcci si possono aggiungere considerazioni riguardo al fatto che quello qualitativo richiede un minor dispendio di risorse economiche e umane ed è applicabile attraverso un semplice foglio di calcolo, diversamente il secondo prevede l'utilizzo di softwares più complessi e un maggior dispendio di risorse umane dovuto alla necessità di far condurre la valutazione ad un'analista di livello tecnico maggiore.

L'approccio semi-quantitativo si posiziona tra i due e risulta essere un buon giusto mezzo per poter usufruire di una maggiore oggettività dei dati senza perderne la facilità di utilizzo. In questo contesto i valori ottenuti possono essere assunti tramite:

- Esperienza pregressa;
- Dati generici di rottura;
- Questionari e check-list;
- Giudizi di tipo ingegneristico;
- Analisi numeriche dettagliate ma contenenti ancora una buona parte di giudizi ingegneristici.

Qui si colloca la metodologia descritta nel seguito per l'analisi della gestione del processo di invecchiamento per gli impianti Seveso.

3.4 Fasi per l'applicazione di un approccio RBI semi-quantitativo o quantitativo

L'applicazione di un approccio quantitativo o semi-quantitativo dell'RBI consta di diversi step da seguire rappresentati in Figura (3.3).

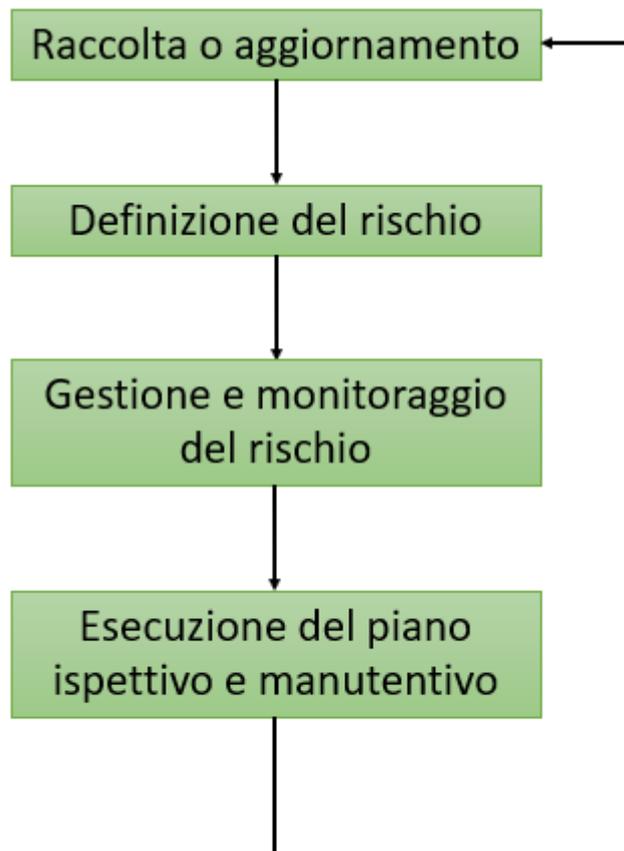


Figura 3.3: Fasi per l'applicazione dell'RBI

3.4.1 Raccolta o aggiornamento

La prima cosa che deve essere definita è la durata del ciclo del funzionamento dell'impianto analizzato, solitamente si considerano 10 anni di storico ispettivo.

In questa fase vengono raccolte tutte le informazioni strutturali e dati di progetto relativi alle apparecchiature catalogate come critiche all'interno del Rapporto di Sicurezza.

Sarà necessario in questa fase quantificare i fenomeni di degrado riscontrati nelle ispezioni attraverso parametri relativi alla perdita di spessore e ad altri fenomeni di decadimento.

3.4.2 Definizione del rischio

Questo stadio dell'analisi si basa sullo studio analitico dell'impianto. Lo scopo è definire e misurare il livello di rischio per le apparecchiature attraverso una scala di criticità. Risulta utile in questa fase l'utilizzo e la determinazione delle matrici di rischio.

3.4.3 Gestione e monitoraggio del rischio

Una volta valutato il rischio residuo, si passa alla definizione del piano ispettivo a seconda che il livello di rischio sia accettabile o meno: nel primo caso non sarà necessario programmare ulteriori ispezioni, diversamente sarà opportuno procedere alla pianificazione di ispezioni ulteriori e altre azioni come attività manutentive o nei casi più estremi la riprogettazione e sostituzione dell'apparecchiatura al fine di ottenere un livello di rischio accettabile. Si tenga presente che le ispezioni sono volte al monitoraggio del rischio in quanto viene valutato lo stato dell'impianto al momento dell'esecuzione dell'azione ispettiva, diversamente le manutenzioni si occupano della gestione del rischio al fine di ridurre le probabilità di guasto.

3.4.4 Esecuzione del piano ispettivo e manutentivo

Lo studio effettuato determina il rischio per ogni apparecchiatura considerata critica al momento in cui questo viene effettuato, di conseguenza si può affermare con certezza che i risultati dell'analisi non sono fissi ma variano con le condizioni di impianto e con il suo stato di invecchiamento.

Per tale ragione, come previsto dall'articolo 18 del D.lgs. 105/2015, l'identificazione e valutazione del rischio deve essere aggiornata in base alle modifiche che nel tempo saranno apportate all'impianto, allo sviluppo di nuove conoscenze tecniche in materia di sicurezza derivanti dall'esperienza operativa o dall'analisi di incidenti, quasi incidenti e anomalie di funzionamento e in base al rilevamento di nuovi indicatori dell'invecchiamento delle apparecchiature facenti parte dell'impianto (o stabilimento), non connessi con l'età di esse bensì riguardanti modifiche subite nel tempo che possono aver portato a variazioni del grado di deterioramento e/o danno subito.

In conclusione, la pianificazione di un piano manutentivo basato su un'analisi RBI consente di focalizzare le azioni ispettive e manutentive sulle apparecchiature aventi maggiore criticità ottimizzando così l'impiego delle risorse economiche.

Ci sono, però, alcune perplessità riguardanti tale approccio dovute al fatto che in tutti i sistemi RB esiste un livello massimo di rischio accettabile. Ciò significa che, nel momento in cui il sistema si dovesse avvicinare a tale livello si dovranno prevedere delle attività al fine di abbassarlo, ma se il rischio è ritenuto accettabile si tende a ridurre al minimo qualunque tipo di azione in ambito di sicurezza.

Non esistendo né una misura univoca di rischio, né tanto meno un livello condiviso di rischio accettabile, si introduce in tale metodo una componente soggettiva non trascurabile.

Va da sé che un approccio RB risulta praticabile quando esistono criteri condivisi di misura del rischio a cui fanno riferimento sia i gestori che gli enti di controllo.

L'adozione di tale metodo è accettata nel momento in cui si dimostra che comporta un livello di rischio inferiore rispetto a quello che si avrebbe con un approccio di pianificazione ispettiva tradizionale.

4. Metodo a indici per la gestione dell'invecchiamento

4.1 Contestualizzazione del metodo

La nota 3 al punto 3.3.4, allegato B del D.lgs 105/2015 definisce le cause e conseguenze legate al fenomeno dell'invecchiamento: «L'invecchiamento non è connesso all'età dell'apparecchiatura, bensì alle modifiche che la stessa ha subito nel tempo, in termini di grado di deterioramento e/o di danno subito. Tali fattori comportano una maggiore probabilità che si verifichino guasti nel tempo di vita (di servizio) dell'apparecchiatura stessa, ma non sono necessariamente associati ad esso. Nel caso di apparecchiature o impianti l'invecchiamento può comportare un significativo deterioramento e/o danno rispetto alle sue condizioni iniziali, che può comprometterne la funzionalità, disponibilità, affidabilità e sicurezza» (Plant aging, management of equipment containing hazardous fluids or pressure HSE Research Report RR509, HSE Books, 2006).

In attuazione di quanto citato, il Gruppo di lavoro coordinato dall'INAIL ha predisposto una Linea Guida pubblicata nell'aprile del 2018 intitolata “Valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli Stabilimenti Seveso”, al fine di fornire un metodo pratico atto alla verifica e valutazione dei piani di monitoraggio e controllo legati al fenomeno dell'invecchiamento che il gestore di uno stabilimento a rischio di incidente rilevante è chiamato a predisporre.

La base sui cui tale metodo si muove è coerente con la filosofia della metodologia RBI secondo cui, per garantire un elevato livello di sicurezza, le procedure manutentive e ispettive previste non possono rimanere tali durante tutto il periodo di vita dell'impianto, ma si dovrà prevedere l'introduzione di nuove procedure come parte del funzionamento dell'impianto, come ad esempio prevedere un maggior livello di monitoraggio o cambiare le parti usurate delle apparecchiature.

Tale procedura si fonda sulla compilazione di 12 tabelle che vengono chiamate “Moduli”: 6 di queste evidenziano i fattori acceleranti e 6 quelli frenanti il processo di invecchiamento.

La compilazione dei 12 moduli avviene per mezzo di dati relativi alle apparecchiature critiche e alla gestione dello stabilimento che verranno discretizzati in punteggi di penalità per i moduli acceleranti e compensazioni per quelli frenanti.

Il bilancio dei punteggi ottenuti fornisce una misura della propensione dell'invecchiamento a livello di stabilimento e ha lo scopo di portare alla definizione di eventuali azioni manutentive e/o di controllo che il gestore dovrà integrare durante la vita dell'impianto.

Il campo di applicazione previsto è quello relativo ai sistemi di contenimento primari statici nell'industria di processo, fra questi si annoverano serbatoi, scambiatori, reattori, agitatori, colonne, tubazioni, relativi dispositivi di sicurezza e filtri; si escludono invece i sistemi di contenimento primari rotanti quali pompe, compressori e ventilatori in quanto di facile sostituzione.

Della categoria suddetta, saranno oggetto di valutazione solo le apparecchiature considerate critiche ai fine dell'incidente rilevante, ovvero tutti quei sistemi di contenimento che risultano suscettibili a meccanismi di deterioramento e che in esercizio possono contenere sostanze classificate come pericolose in quantitativo sufficiente a determinare uno scenario incidentale, cioè pari o superiore al 5% della quantità limite prevista all'interno della

colonna 3 parte 1 o colonna 3 parte 2 dell'allegato 1 del D.lgs. 105/2015 (INAIL, Aprile 2018).

Gli stabilimenti dove generalmente sono presenti sistemi di contenimento primari statici sono:

- Raffinerie;
- Impianti petrolchimici;
- Impianti chimici, sia operanti in continuo che in condizioni batch;
- Depositi di prodotti petroliferi;
- Depositi di gas liquefatti e impianti di rigassificazione;
- Impianti di produzione di energia.

Diversamente, viene esplicitamente indicato nella Linea Guida che il metodo non risulta applicabile a tutti quegli stabilimenti in cui sono assenti fluidi pericolosi e tubature come:

- Stabilimenti pirotecnici;
- Depositi esplosivi;
- Deposito di fitofarmaci.

La scelta di un metodo a indici presenta indubbiamente dei vantaggi tra cui:

- 1) Proporzionalità delle misure: le compensazioni richieste saranno in relazione al punteggio delle penalità, maggiore sarà quest'ultimo e in numero maggiore saranno le misure compensative. Le misure di controllo in atto e quelle che verranno proposte a seguito dell'ispezione sono sempre proporzionate alla forza dei meccanismi di deterioramento e alle effettive condizioni delle apparecchiature.
- 2) Libertà di scelta: il metodo non dipende dal tipo di politica di ispezione, pertanto il gestore è libero di scegliere le soluzioni tecniche e/o gestionali volte alla compensazione delle penalità tra diversi approcci alternativi come quello basato sul rischio, o quello basato sulle condizioni delle apparecchiature e dello stabilimento in generale o ancora quello fondato sull'analisi del ciclo di vita.
- 3) Chiarezza della valutazione ottenuta: Se le compensazioni sono maggiori o uguali alle penalità le attività messe in campo per la gestione dell'invecchiamento risultano adeguate, se le penalità dovessero superare di poco le compensazioni allora si raccomanderanno solo interventi migliorativi altrimenti, per una differenza maggiore si dovranno proporre interventi opportuni.
- 4) Uniformità: il metodo è ripetibile ed evita il più possibile valutazioni soggettive su questioni di dettaglio.
- 5) Rapidità: il gestore può procedere alla compilazione delle tabelle relative ai 12 moduli così da ottimizzare i tempi e portare poi eventuali punti dubbi alla commissione ispettiva.

L'obiettivo della Linea Guida è quello di andare oltre i limiti di un metodo così rapido, adattato alle ispezioni normative e sviluppare un modello adatto per la revisione interna. Si presume che gli audit interni siano più frequenti e dettagliati di quelli effettuati dall'operatore (responsabile della sicurezza), pertanto l'idea di base è quella di ottenere una valutazione effettiva dei fattori acceleranti e ritardanti allo scopo di sviluppare uno strumento molto più dinamico (Silvia M. Ansaldo, 2018).

4.2 Caratteristiche principali

Il metodo proposto si basa su un'analisi di tipo *fish-bone* in cui si evidenziano i principali fattori frenanti e acceleranti oggetto di valutazione rispettivamente suddivisi in 6 moduli

relativi o allo stabilimento nel suo complesso o alla singola apparecchiatura analizzata. Ad ogni Modulo sarà associato un punteggio che costituirà la relativa penalità o compensazione nel calcolo dell'indice finale.

Nel blocco superiore della Figura (4.1) sono rappresentati i moduli relativi ai fattori acceleranti e in quello inferiore è rappresentativo dei moduli frenanti a cui fanno riferimento le compensazioni.

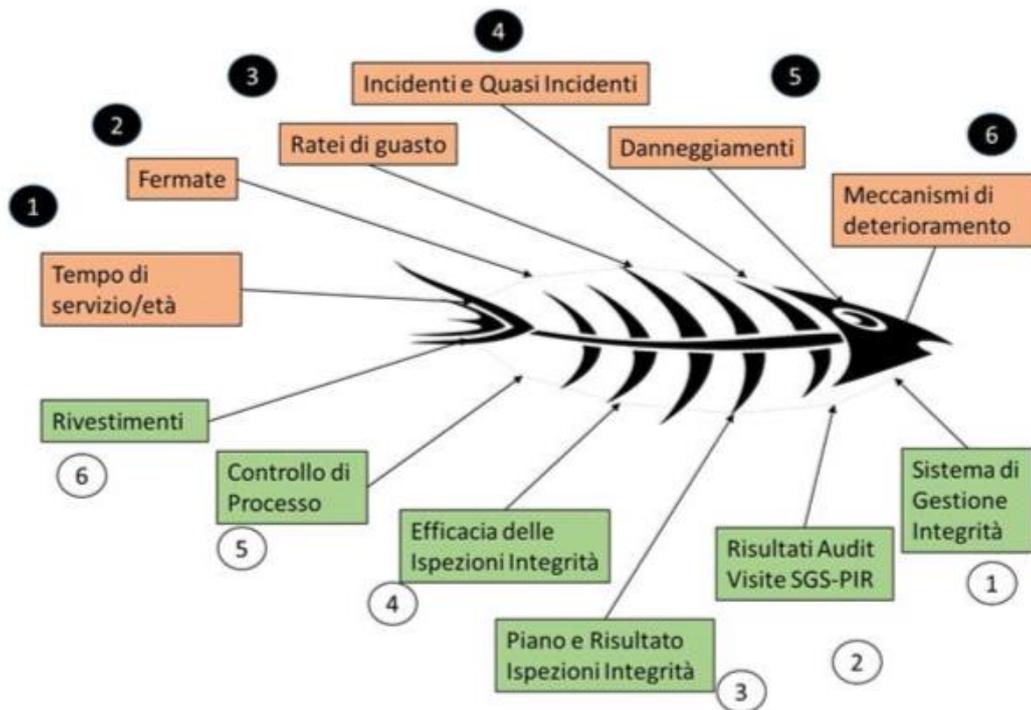


Figura 4.1: Struttura fish-bone e presentazione dei moduli acceleranti e frenanti l'invecchiamento

Ogni modulo di invecchiamento può essere valutato assegnando un punteggio che varia tra quattro livelli (stati) così definiti:

- 1: basso,
- 2: medio,
- 3: medio-alto
- 4: alto.

Si tenga presente che è possibile associare pesi differenti ai diversi moduli che definiscono la valutazione, di segno negativo per le penalità e positivo per le compensazioni. Per tale ragione i fattori di compensazione sono caratterizzati da valori di segno positivo in un intervallo compreso tra +1 ÷ +4, mentre quelli di accelerazione presentano valori di segno negativo in intervallo compreso tra -1 ÷ -4.

Chiaramente più risulta elevato, in valore assoluto, il punteggio relativo ad un modulo facente parte dei fattori acceleranti peggiore ne risulterà la gestione, al contrario un punteggio elevato per un modulo relativi a fattori frenanti ne fa intendere una gestione positiva.

La somma della propensione e della resistenza all'invecchiamento è un punteggio che rappresenta l'adeguatezza complessiva dello stabilimento rispetto al fenomeno dell'invecchiamento.

Per effettuare la valutazione, si deve definire un periodo di osservazione che non può essere inferiore a 10 anni.

I valori di riferimento utilizzati, ai fini della quantificazione di tutti i fattori, sono derivanti dall'esperienza degli enti di controllo e dalle ispezioni svolte in accordo con la Direttiva Seveso.

I 12 moduli oltre ad essere distinti in due macro-gruppi, 6 facenti parte dei fattori acceleranti e 6 di quelli frenanti, si possono distinguere sulla base del tipo di dati utilizzati per l'acquisizione del relativo punteggio:

- Per apparecchiatura: sono i moduli che prevedono l'inserimento di dati relativi ad ogni apparecchiatura critica presente nella valutazione;
- Per stabilimento: sono i moduli che richiedono dati relativi alla gestione o agli eventi che hanno riguardato lo stabilimento;

Tabella 4.1: Distinzione dei moduli a livello di apparecchiatura e di stabilimento

Fattori acceleranti (penalità)	Peso	Dati per apparecchiatura / stabilimento
Tempo di servizio/età	-1	Apparecchiatura
Fermate	-1	Apparecchiatura
Tassi di guasto	-1	Apparecchiatura
Incidenti e quasi incidenti	-1	Stabilimento
Danneggiamenti	-1	Stabilimento
Meccanismi di deterioramento	-1	Apparecchiatura
Fattori frenanti (compensazioni)		
Sistema di gestione integrità	1	Stabilimento
Risultati delle visite ispettive e degli Audit	1	Stabilimento
Pianificazione e risultati delle ispezioni	1	Apparecchiatura
Efficacia delle ispezioni	1	Apparecchiatura
Controllo di processo	1	Stabilimento
Rivestimenti e protezioni specifiche	1	Apparecchiatura
IC (indice compensato) = Penalità + Compensazioni		Stabilimento

La regola fondamentale da rispettare durante la compilazione di ogni modulo è che, qualsiasi evento significativo può essere riportato in un solo fattore e non deve mai essere conteggiato in più moduli.

4.2 Calcolo dei moduli

Il calcolo di ogni modulo, sia esso per apparecchiatura o per stabilimento, si effettua mediante uno o più rapporti dei dati caratteristici di ognuno e attraverso la successiva discretizzazione del risultato ottenuto al fine di ottenere un punteggio che inciderà sul calcolo dell'indice compensato finale.

Allo scopo di rendere chiari e schematici i procedimenti di calcolo attuati per ognuno dei 12 moduli vengono definiti arbitrariamente i seguenti rapporti:

- F: Rapporto tra le grandezze rilevanti relative ad una singola apparecchiatura nel calcolo di un modulo per apparecchiatura;
- P: punteggio ottenuto dalla discretizzazione di F per ogni apparecchiatura.
- Q: Rapporto tra i dati che non prevedono una discretizzazione di punteggio per la singola apparecchiatura.
- C: Punteggio discretizzato di Q qualora intervenissero nel calcolo più rapporti derivanti da dati complessivi di stabilimento.
- R: punteggio finale del modulo ottenuto dalla discretizzazione del risultato di Q, o dalla media dei punteggi C o dal rapporto tra la somma dei punteggi P sul numero di apparecchiature.

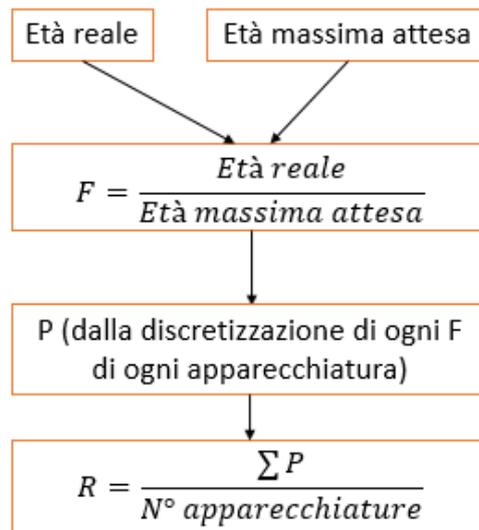


Figura 4.2: Esempio dei passaggi di calcolo per il modulo “Tempo di servizio/età” valutato a livello di apparecchiatura

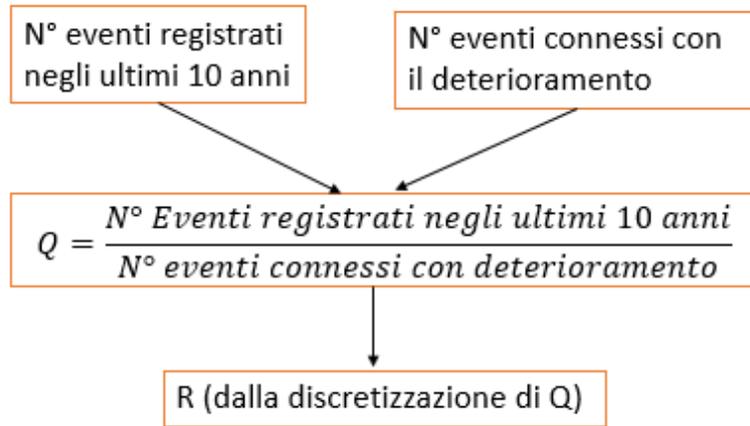


Figura 4.3: Esempio dei passaggi di calcolo per il modulo “Incidenti e quasi incidenti” valutato a livello di stabilimento

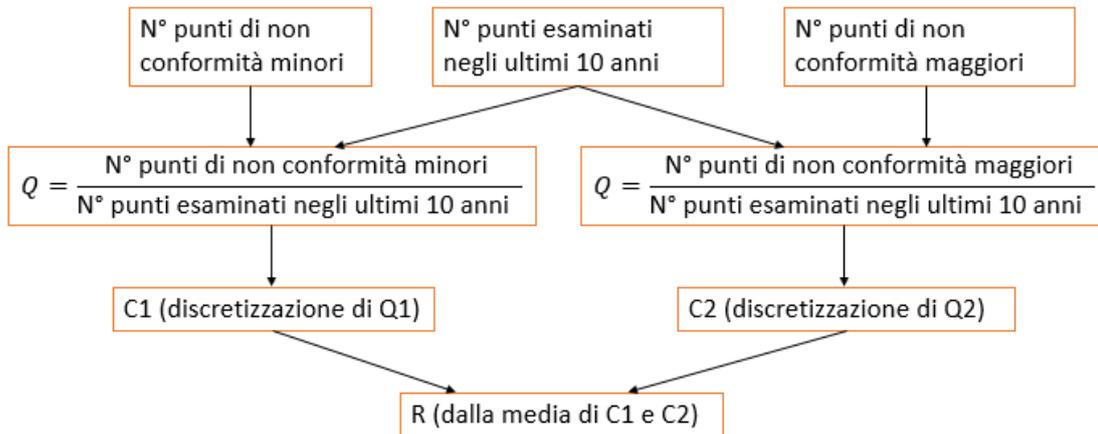


Figura 4.4: Esempio di calcolo del modulo "Risultato visite ispettive e Audit" per la presenza di più rapporti di tipo Q

4.2.1 Fattori acceleranti

I punteggi associati ad ognuno dei seguenti moduli saranno tanto più elevati quanto peggiori risulteranno essere le caratteristiche delle apparecchiature critiche o più in generale dello stabilimento.

4.2.1.1 Tempo di servizio/età

Può essere espresso sulla base delle ore o degli anni da cui l'apparecchiatura critica risulta essere in attività. In particolare, per le apparecchiature operanti in pressione o ad elevate temperature, per le quali si innescano degli specifici meccanismi di deterioramento, è consigliato dalla Linea Guida adottare il calcolo sulla base delle ore e non su base annua.

Il punteggio relativo ad ogni apparecchiatura è fornito dalla discretizzazione del rapporto espresso mediante la relazione seguente:

$$F = \frac{Et\grave{a} \text{ reale}}{Et\grave{a} \text{ max attesa}} \quad \text{oppure} \quad F = \frac{Ore \text{ di esercizio attuali}}{Ore \text{ max esercizio attese}} \quad (4.1)$$

Tabella 4.2: Discretizzazione di F nel modulo 1 per ogni apparecchiatura

Valore del rapporto di F	Punteggio parziale P
$F \leq 90\%$	1
$90\% < F \leq 100\%$	2
$100\% < F \leq 125\%$	3
$F > 125\%$	4

È bene tener presente che qualora l'apparecchiatura abbia subito un ricondizionamento i due tempi dovranno essere ricalcolati a partire da quel momento.

Il tempo di vita atteso è fortemente influenzato dal sovrasspessore di corrosione, ovvero lo spessore progettuale aggiuntivo dell'apparecchiatura atto a garantirne l'integrità fisica. Allora è consigliabile calcolare questo tempo sulla base del rateo di corrosione reale se ne è previsto un monitoraggio altrimenti sulla base del rateo teorico solitamente assunto conservativamente maggiore di quello reale.

4.2.1.2 Fermate

In questo modulo si considerano, per ogni apparecchiatura, le fermate non programmate (impreviste) e se ne fa il rapporto rispetto a quelle totali derivanti dalla somma di quelle impreviste e quelle programmate.

$$F = \frac{N^{\circ} \text{ fermate impreviste}}{N^{\circ} \text{ fermate totali}} \quad (4.2)$$

Tabella 4.3: Discretizzazione di F nel modulo 2 per ogni apparecchiatura

Valore del rapporto di F	Punteggio parziale P
$F \leq 10\%$	1
$10\% < F \leq 25\%$	2
$25\% < F \leq 60\%$	3
$F > 60\%$	4

Le fermate impreviste sono quelle causate, ad esempio, dall'intervento dei sistemi di blocco e di sicurezza automatici atti a ridurre potenziali stress termici e/o meccanici anomali. In quanto non programmate presentano tempi e procedure di fermata diversi da quelli definiti all'interno dei manuali di impianto.

4.2.1.3 Ratei di guasto

Per tutte le apparecchiature critiche si deve quantificare il *numero di guasti attesi* come prodotto tra il rateo di guasto, presenti nelle banche dati come OREDA, LEES, EXIDA, e gli anni di osservazione presi in considerazione.

$Guasti\ attesi = Rateo\ di\ guasto \times 10\ anni$

Tale grandezza deve essere poi rapportata al numero di *guasti registrati*.

Indicando con $i=1, \dots, M$ le apparecchiature presenti nella valutazione, si ottiene:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^M N^{\circ} \text{ di guasti registrati}}{\sum_{i=1}^M N^{\circ} \text{ guasti attesi}} \quad (4.3)$$

Tabella 4.4: Discretizzazione di Q per punteggio complessivo del modulo 3

Valore del rapporto di Q	Punteggio finale R
$Q < 0.5$	1
$0.5 \leq Q < 1$	2
$1 \leq Q < 2$	3
$Q \geq 2$	4

Avere un'apparecchiatura che in questa circostanza presenta un numero di guasti registrati maggiore rispetto a quelli attesi secondo i database può essere già considerato un avviso di cattiva gestione del suo invecchiamento.

In tal caso si noti che i valori rapportati sono il risultato della somma di tutti i guasti attesi e registrati di ogni apparecchiatura.

4.2.1.4 Incidenti e quasi incidenti

Si considerano in questo computo tutti gli eventi significativi che hanno interessato le apparecchiature critiche provando a identificare tra di essi gli incidenti, quasi incidenti e anomalie causate da deterioramento.

$$Q = \frac{N^{\circ} \text{ eventi connessi al deterioramento}}{N^{\circ} \text{ eventi negli ultimi 10 anni}} \quad (4.4)$$

Tabella 4.5: Discretizzazione di Q per punteggio complessivo del modulo 4

Valore del rapporto di Q	Punteggio finale R
$Q < 5 \%$	1
$5 \% \leq Q < 15 \%$	2
$15 \% \leq Q < 35 \%$	3
$Q \leq 35 \%$	4

4.2.1.5 Danneggiamenti

I danneggiamenti e difetti che vengono qui considerati sono quelli classificati come gravi ovvero quelli che compromettono le funzionalità dell'apparecchiatura che, conseguentemente, dovrà essere riparata allo scopo di ripristinare le condizioni iniziali di integrità.

Sono esclusi dal conteggio tutti i difetti classificati come minori che, in quanto tali, non necessitano di interventi immediati.

Con la stessa filosofia descritta nel modulo 3, un numero di danneggiamenti e difetti registrati maggiore di quello previsto da date base è indice di una gestione non ottimale del fenomeno di invecchiamento.

I dati da considerare sono quelli presenti nella sezione “Analisi dell’esperienza operativa” dell’appendice “Criteri e procedure per conduzione di ispezioni” ottenuti in seguito ad una verifica ispettiva di Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS) come indicato nell’Allegato H del D.lgs. 105/2015.

$$Q = \frac{N^{\circ} \text{danneggiamenti gravi negli ultimi 10 anni}}{N^{\circ} \text{apparecchiature critiche}} \quad (4.5)$$

Tabella 4.6: Discretizzazione di Q per punteggio complessivo del modulo 5

Valore del rapporto di Q	Punteggio finale R
$Q \leq 1 \%$	1
$1 \% < Q \leq 3 \%$	2
$3 \% < Q \leq 5 \%$	3
$Q > 5 \%$	4

4.2.1.6 Meccanismi di deterioramento

Per ogni apparecchiatura critica, sulla base del tipo di deterioramento preponderante individuato, si associa un punteggio ottenuto dalla media dei valori relativi a caratteristiche di rilevabilità, velocità di propagazione e conseguenze.

Ognuna di queste caratteristiche può assumere un punteggio da 1 a 4 tenendo presente che maggiori risultano essere la difficoltà di rilevazione, la velocità del fenomeno e la gravità delle conseguenze maggiore sarà il punteggio associato.

Nello specifico, con il termine *rilevabilità* si intende la facilità di rilevamento del fenomeno e di misura degli effetti.

Tabella 4.7: Punteggi relativi alla caratteristica di rilevabilità

Tipo di rilevazione	Punteggio
Facile (sufficiente esame visivo)	1
Relativamente facile (con controlli non distruttivi)	2
Relativamente difficile (con prove parzialmente invasive o campioni sacrificali)	3
Rilevazione difficile (prove invasive)	4

Si tenga presente che meno un fenomeno risulta rilevabile maggiore è la difficoltà di controllarlo.

La *velocità* si riferisce al tempo impiegato dal fenomeno di deterioramento per propagarsi.

Tabella 4.8: Punteggi relativi alla caratteristica di velocità

Tipo di velocità	Punteggio
Pluridecennale	1
Dai 5 ai 10 anni	2
Dai 2 ai 5 anni	3
Inferiore ai 2 anni	4

In fine con *conseguenze* si intende l'entità della perdita di contenimento e la relativa pericolosità.

Tabella 4.9: Punteggi relativi alle conseguenze

Tipo di conseguenze	Punteggio
Degrado di apparecchiature destinate al contenimento di sostanze pericolose	1
Nessuna perdita di contenimento	2
Perdite minori di sostanza pericolosa	3
Rilascio significativo di sostanza pericolosa	4

La voce relativa alle conseguenze è quella che più dipende dal contesto in cui l'apparecchiatura si trova ma, trattandosi di apparecchiature critiche, il loro danneggiamento per definizione può portare a conseguenze considerevoli, per tale ragione sono attribuiti solo punteggi pari a 4 dovuti a rilasci immediati di sostanza pericolosa e a 3 per la presenza di fluidi in pressione o ad alta temperatura.

All'interno della Linea Guida sono specificati i punteggi delle 3 voci sopra descritte relativamente ad alcuni fenomeni deterioramento, il valutatore può, se necessario, considerare fenomeni di deterioramento differenti.

Tra i tipi di deterioramento specificati si ritrovano:

- *Metallurgico a lungo e a breve termine*: dovuto alla degradazione del metallo che costituisce l'apparecchiatura. Se a lungo termine il fenomeno ha un'evoluzione pluridecennale diversamente risulta un fenomeno riscontrabile entro i 2 anni di attività dell'apparecchiatura;
- *Meccanismi di assottigliamento localizzato e uniforme*: processo di corrosione che porta all'assottigliamento dello spessore del materiale costituente l'apparecchiatura che può interessare solo alcune zone oppure essere omogeneo su tutta la sua superficie;
- *Corrosione dovuta all'ambiente*: è un tipo di corrosione diretta del materiale che si deteriora a causa del contatto diretto con l'acqua in fase liquida o sotto forma di vapore acqueo;
- *Tenso-corrosione con fessurazione*: effetti della corrosione che risultano esaltati dall'applicazione di un carico costante nel tempo;

- *Danneggiamento da idrogeno ad altra temperatura*: degradazione dovuta alla presenza indesiderata di idrogeno che, ad alta temperatura, può provocare la formazione di cricche nel materiale;
- *Fatica*: fenomeno di progressiva degradazione del materiale sottoposto a carichi variabili nel tempo;
- *Scorrimento viscoso*: degradazione del materiale mantenuto per lunghi periodi ad alta temperatura e sottoposto a sforzo costante;
- *Corrosione sotto isolamento*: corrosione del materiale a seguito della presenza di acqua al di sotto del materiale coibente o ignifugo.

Tabella 4.10: Punteggio per ogni meccanismo di deterioramento

Tipo di deterioramento	Rilevabilità	Velocità	Conseguenze	Punteggio P
Metallurgico a lungo termine	4	1	4	3
Metallurgico a breve termine	4	4	4	4
Meccanismi di assottigliamento localizzato	4	3	4	3
Meccanismi di assottigliamento uniforme (corrosione e/o erosione)	2	2	3	2
Corrosione dovuta all'ambiente (atmosferico, suolo)	1	1	2	1
Tenso-Corrosione con fessurazione	4	2	4	3
Danneggiamento da idrogeno ad alta temperatura	4	3	4	4
Fatica	3	3	4	3
Scorrimento viscoso	3	3	3	3
Corrosione sotto isolamento	4	3	4	4

4.2.2 Fattori acceleranti

I punteggi associati ad ognuno dei seguenti moduli saranno tanto più elevati quanto peggiori risulteranno essere le caratteristiche delle apparecchiature critiche o più in generale dello stabilimento.

4.2.2.1 Sistema di gestione integrità

Tale fattore riguarda l'intera struttura del Sistema di Gestione della Sicurezza, il punteggio è assegnato sulla base del livello di informazioni e della conoscenza che esso comporta.

Tabella 4.11: Punteggio associato al tipo di sistema di gestione

Tipologia del sistema di gestione	Punteggio R
Gestione documentale interna per le attrezzature critiche (con regolare registrazione degli interventi ispettivi e manutentivi)	1
Programmazione delle ispezioni alle attrezzature critiche in base alla tipologia, alle condizioni e al livello di rischio	2
Programmazione delle ispezioni in base al rischio RBI, secondo standard EEMUA, API, ASME, UNI o CEN (utilizzo di software specifico)	3
Programmazione delle ispezioni RBI, aggiornata sistematicamente in base alle variazioni dei materiali e delle condizioni di esercizio	4

Un punteggio pari 4 premia la dinamicità della gestione delle ispezioni in quanto le procedure SGS devono garantire l'aggiornamento della programmazione dei controlli in relazione a modifiche apportate ai materiali delle apparecchiature o alle condizioni di processo.

4.2.2.2 Risultati delle visite ispettive e degli Audit

Si basa sui risultati di visite ispettive e di audit indipendenti sul sistema di gestione, entrambi relativi esclusivamente al Sistema di Gestione della Sicurezza per la Prevenzione degli Incidenti Rilevanti (SGS-PIR), ne sono quindi esclusi gli audit su qualità, ambiente o altro.

Si considerano nel calcolo il numero di punti esaminati durante le visite ispettive attuate all'interno del tempo di osservazione che si è deciso di considerare nella valutazione.

Tra i punti esaminati vanno distinti quelli definiti di *non conformità maggiore* e quelli di *non conformità minore*. I primi hanno dato luogo, in seguito alla visita ispettiva ad azioni prescrittive e i secondi a raccomandazioni volte a migliorare la gestione dello stabilimento.

$$Q1 = \frac{N^{\circ} \text{ punti con non conformità minori}}{N^{\circ} \text{ punti esaminati negli ultimi 10 anni}} \quad (4.6)$$

$$Q2 = \frac{N^{\circ} \text{ punti con non conformità maggiori}}{N^{\circ} \text{ punti esaminati negli ultimi 10 anni}} \quad (4.7)$$

Tabella 4.12: Punteggi parziali del modulo 2 derivante dalla discretizzazione di Q1 e Q2

Valore del rapporto Q1	Valore del rapporto Q2	Punteggio C1 e C2
$Q1 \geq 30 \%$	$Q2 \geq 20 \%$	1
$15 \% \leq Q1 < 30 \%$	$10 \% \leq Q2 < 20 \%$	2
$5 \% \leq Q1 < 15 \%$	$3 \% \leq Q2 < 10 \%$	3
$Q1 < 5 \%$	$Q2 < 3 \%$	4

4.2.2.3 Pianificazione e risultati delle ispezioni

Tiene conto di tre punteggi: due basati sui risultati positivi delle prove che verificano l'integrità e la funzionalità delle apparecchiature valutate e uno basato sul tempo trascorso tra un'ispezione e un'altra per verificare se ne è rispettata la periodicità stabilita sulla base delle analisi incidentali valutati nel Rapporto di Sicurezza.

I test funzionali sono riferiti alla strumentazione e vengono effettuati sulla base del diagramma causa-effetti, attivando le possibili cause e verificando che l'effetto avvenga davvero; ad esempio per valutare l'azione di un pressostato che per alta pressione apre la valvola, si forza il valore della pressione e si verifica che la valvola effettivamente si apra.

I test di integrità sono invece test non distruttivi che verificano l'integrità strutturale e meccanica dell'apparecchiatura.

$$Q1 = \frac{\sum N^{\circ} \text{test funzionali OK}}{\sum N^{\circ} \text{test funzionali eseguiti}} \quad (4.8)$$

$$Q2 = \frac{\sum N^{\circ} \text{test integrità OK}}{\sum N^{\circ} \text{test integrità eseguiti}} \quad (4.9)$$

$$Q3 = \frac{\sum N^{\circ} \text{ispezioni fatte entro scadenza}}{\sum N^{\circ} \text{ispezioni in programmazione}} \quad (4.10)$$

Nonostante si inseriscano i dati relativi ad ogni apparecchiatura, i punteggi parziali relativi ai valori dei 3 rapporti sono il risultato delle somme di tutti i dati di input immessi.

Tabella 4.13: Punteggi parziali del modulo 3 derivanti dalla discretizzazione di Q1, Q2 e Q3

Valore del rapporto Q1	Valore del rapporto Q2	Valore del rapporto Q3	Punteggio C1 C2 e C3
$Q1 \leq 90 \%$	$Q2 \leq 98 \%$	$Q3 \leq 90 \%$	1
$90 \% < Q1 \leq 95 \%$	$98 \% < Q2 \leq 99 \%$	$90 \% < Q3 \leq 95 \%$	2
$95 \% < Q1 \leq 98 \%$	$99 \% < Q2 \leq 99.5 \%$	$95 \% < Q3 \leq 99 \%$	3
$Q1 > 99 \%$	$Q2 > 99.5 \%$	$Q3 > 99 \%$	4

4.2.2.4 Efficacia delle ispezioni

Per ogni apparecchiatura si calcola il rapporto del punteggio relativo ad efficacia, estensione e adeguatezza delle ispezioni (C1) con quello relativo alla qualificazione degli Ispettori e della ditta (C2). I riferimenti relativi al primo punteggio sono le tabelle di associazione “meccanismi di danno-metodi di ispezioni”, per il secondo si considerano invece i vari tipi di misura, l’estensione, il grado di copertura ottenibile e la probabilità di rilevare tutti o parte dei difetti.

Tabella 4.14: Punteggio relativo all'efficacia delle ispezioni

Efficacia delle ispezioni	Punteggio C1
Tale da garantire con sufficiente attendibilità l’individuazione dei difetti, il degrado del materiale e i sotto-spessori	1
Tale da garantire con buona attendibilità l’individuazione dei difetti, il degrado del materiale e i sotto-spessori	2
In grado di rilevare il danno nella maggior parte dei casi (90%)	3
In grado di rilevare il danno in quasi tutti i casi	4

Tabella 4.15: Punteggio relativo alla qualifica degli ispettori

Qualifica degli ispettori della ditta	Punteggio C2
Dimostrata competenza/esperienza	1
Ispettori qualificati secondo standard ASNT	2
Ispettori qualificati da ente terzo secondo norma UNIEN ISO 9712:2012 Livello 2	3
Ditta certificata in qualità per le misurazioni, Ispettori tutti qualificati secondo norma UNI EN ISO 9712:2012 fino a Livello 2	4

Dove:

- Standard ASNT (American Society for non destructive testing): standard che stabilisce i requisiti minimi per la qualifica e la certificazione del personale atto a svolgere test non distruttivi.
- Norma UNIEN ISO 9712: stabilisce i principi per la qualificazione e la certificazione del personale incaricato di effettuare prove non distruttive (PND). Il livello 2 autorizza il personale certificato a (Certifico s.r.l, 2018):

- Selezionare la tecnica PND per il metodo di prova da utilizzare;
- Definire i limiti di applicazione del metodo di prova;
- Tradurre i codici, le norme, le specifiche e le procedure PND in istruzioni PND adatte alle effettive condizioni lavorative;
- Eseguire e sovrintendere a prove;
- Interpretare e valutare i risultati;
- Redigere i rapporti delle PND.

Qui si tiene conto del numero di misure effettuate in termini di frazioni percentuali di apparecchiature critiche vagliate, del livello di affidabilità delle misurazioni e dell'appropriatezza di queste in funzione dei meccanismi di deterioramento presenti.

Il fattore ottenuto si definisce come la percentuale di ispezioni appropriate fra quelle attuate nel periodo di riferimento.

4.2.2.5 Controllo di processo

Parametri di processo come pressione, temperatura, flussi, livelli ecc. Influiscono sullo "stress" di cui le apparecchiature risentono durante il loro periodo di vita.

Sulla base della tipologia di controllo di tali parametri si può verificare un aumento delle sollecitazioni delle apparecchiature.

Tabella 4.16: Compensazione derivante dal tipo di controllo di processo

Sistema di controllo	Punteggio R
Con registrazione dei dati	1
Con registrazione dei dati + blocco automatico	2
Con registrazione dei dati + blocco automatico separato	3
Con registrazione dei dati + blocco automatico separato + livelli di certificazione sicurezza dei sistemi di blocco	4

4.2.2.6 Rivestimenti e protezioni specifiche

Parametro rientrante nella valutazione nel momento in cui si decidono di utilizzare rivestimenti interni (o esterni) per le apparecchiature. In questo caso incidono età e frequenza d'ispezione del rivestimento e le sue condizioni rilevate durante l'ultima ispezione.

Ai fini dell'assegnazione del punteggio relativo alla frequenza di ispezione sono specificati gli intervalli massimi e minimi intercorrenti tra un'ispezione e quella successiva in funzione del tipo di rivestimento che presenta l'apparecchiatura.

Tabella 4.17: Intervalli di ispezione del rivestimento dell'apparecchiatura

Rivestimento	Intervallo massimo (anni)	Intervallo minimo (anni)
In lega di vetro	20	10
In fibra di vetro	10	5

Refrattari	10	5
Esterno	10	5
Protezione catodica	5	2

Tabella 4.18: Punteggi parziali relativi al rivestimento dell'apparecchiatura

Intervallo di tempo dall'ultima ispezione del rivestimento	Condizioni di conservazione rilevate nell'ultima ispezione	Punteggio P1 e P2
> intervallo massimo	Condizioni povere	1
Intervallo massimo	Condizioni medie	2
Intervallo minimo	Condizioni buone	3
< intervallo minimo	Condizioni perfette	4

4.2.3 Indice Compensato

Una volta trovati tutti i punteggi relativi alle penalità e alle compensazioni dei moduli oggetto di valutazione, si associa un peso ad ognuno e si calcola, mediante la somma tra la media dei punteggi dei fattori frenanti e quella dei fattori acceleranti (di segno negativo a causa del peso negativo associato), l'*indice compensato*.

Il risultato che si ottiene quantifica la gestione del fenomeno di invecchiamento di uno stabilimento a rischio di incidente rilevante. Può assumere valori sia positivi che negativi, tanto più l'indice risulterà essere maggiore di zero tanto più positivo sarà l'esito della valutazione. Contrariamente, se il risultato sarà prossimo o inferiore allo zero sarà premura del valutatore raccomandare ulteriori misure compensative allo scopo di portare il sistema di gestione dell'invecchiamento ad un livello adeguato.

Ricordando che con P si intendono i punteggi parziali per apparecchiatura, con C i punteggi parziali ottenuti da dati di stabilimento e con R il punteggio globale del modulo, coerentemente con i processi di calcolo descritti, si ottiene per i fattori acceleranti quanto segue:

Tabella 4.19: Metodo di calcolo delle Penalità per M apparecchiature

Fattori acceleranti (penalità)	Peso	Punteggio (per M apparecchiature)
Tempo di servizio/età	-1	$R1 = \frac{\sum_{i=1}^M P}{M}$
Fermate	-1	$R2 = \frac{\sum_{i=1}^M P}{M}$
Tassi di guasto	-1	R3=R
Incidenti e quasi incidenti	-1	R4=R
Danneggiamenti	-1	R5=R
Meccanismi di deterioramento	-1	$R6 = \frac{\sum_{i=1}^M P}{M}$

Media delle penalità		$Penalità = \frac{R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6}{6}$
-----------------------------	--	--

Tabella 4.20: Metodo di calcolo delle Compensazioni per M apparecchiature

Fattori frenanti (compensazioni)	Peso	Punteggio (per M apparecchiature)
Sistema di gestione integrità	1	$R1=R$
Risultati delle visite ispettive e degli Audit	1	$R2 = \frac{C1 + C2}{2}$
Pianificazione e risultati delle ispezioni	1	$R3 = \frac{C1 + C2 + C3}{3}$
Efficacia delle ispezioni	1	$R4 = \frac{C1 + C2}{2}$
Controllo di processo	1	$R5= R$
Rivestimenti e protezioni specifiche	1	$R6 = \frac{\sum_{i=1}^M P}{M}$
Media delle compensazioni	1	$Compensazioni = \frac{R1 + r2 + R3 + R4 + R5 + R6}{6}$

$$Indice\ Compensato = Compensazioni + Penalità \quad (4.11)$$

Sulla base di quanto descritto risulta chiaro che l'adozione di uno schema RBI supporta bene tale metodo di valutazione dell'invecchiamento che, per essere eseguito al meglio, richiede di porre l'attenzione su:

- Conoscenza dei fenomeni di deterioramento concorrenti di tipo fisico e chimico;
- Gestione delle informazioni relative a ogni componente e alla sua storia;
- Misurazione appropriata per l'acquisizione e la gestione dei

5. Deposito soggetto alla valutazione di gestione dell'invecchiamento

Il Deposito che verrà valutato in seguito è adibito alla ricezione, stoccaggio e spedizione per mezzo di oleodotti di prodotti petroliferi raffinati. Attualmente il Deposito movimentava esclusivamente jet-fuel (cherosene) le cui principali caratteristiche chimico-fisiche sono riportate nella Tabella sottostante.

Tra le attività che si possono annoverare, nello specifico si ha:

- Movimentazione a mezzo oleodotti di jet fuel;
- Stoccaggio di jet fuel;
- Stazione di pompaggio;
- Servizi ausiliari come impianto di trattamento acqua reflue e rete elettrica.

Al fine di effettuare una valutazione sulla gestione dell'invecchiamento, non vengono presi in considerazione la stazione di pompaggio e l'impianto di trattamento acque e rete elettrica. La ragione che porta ad escludere nella valutazione la stazione di pompaggio a causa della presenza di apparecchiature di contenimento dotate di sistemi rotanti quali nello specifico 3 elettropompe che per definizione non rientrano nella valutazione. Diversamente, fanno parte dell'impianto di trattamento delle acque reflue apparecchiature di contenimento statiche come serbatoi ma, in questo caso, non contengono quantitativi di sostanze pericolose tali da poterle classificare come apparecchiature critiche secondo quanto riportato nel D.lgs. 105/205, caratteristica fondamentale di tutti i sistemi di contenimento oggetto di valutazione.

Saranno allora oggetto di valutazione le apparecchiature di contenimento presenti nella sezione (impianto) di stoccaggio e di movimentazione di jet-fuel le cui principali caratteristiche chimico-fisiche sono riportate nella Tabella sottostante.

Tabella 5.1: Caratteristiche chimico-fisiche del jet-fuel

Intervallo di ebollizione	150-300 °C
Punto di infiammabilità	>38°C
Densità	0.77 ÷ 0.85 g/cm ³
Miscibilità con acqua	insolubile
Stato fisico in deposito	liquido

In un impianto di questo tipo, la principale fonte di rischio è dovuta alla presenza di prodotto petrolifero che, nonostante non sia soggetto ad alcun tipo di processo e trasformazione, in caso di perdita di contenimento può disperdersi nell'ambiente ed originare incendi ed esplosioni. A questo proposito attraverso l'utilizzo di banche date come:

- MHIDAS UKAEA (U.K.) - “Major Hazard Incident Data Service”;
- ARIA (analysis, research and information on accidents) database.

Si contano 34 incidenti che hanno direttamente coinvolto il jet-fuel così ripartiti in numero:

- Incendi: 11 eventi;
- Esplosioni: 5 eventi;
- Rilasci: 17eventi.

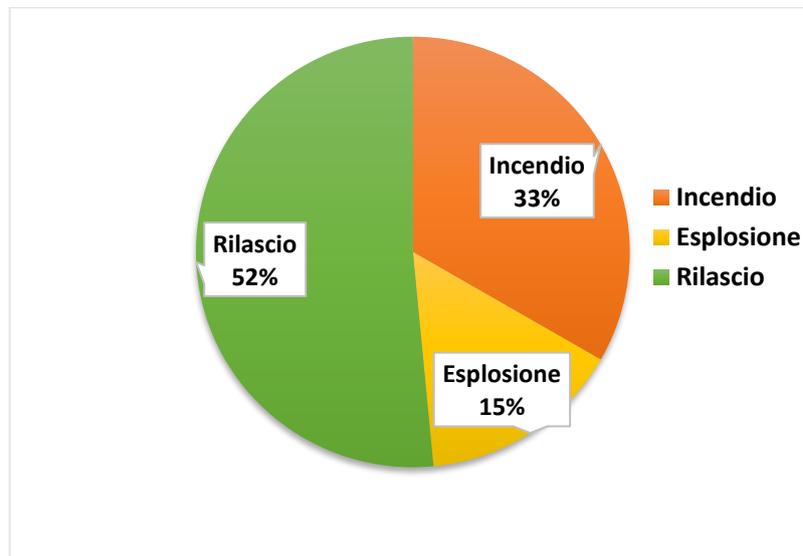


Figura 5.1: Eventi che hanno interessato il jet-fuel

In conseguenza al fatto che nel Deposito non vengono svolte operazioni unitarie come distillazioni, assorbimenti, estrazioni liquido/liquido e vi sia completa assenza di reattori non è ipotizzabile lo sviluppo di reazioni incontrollate.

I principali asset riguardano serbatoi di stoccaggio di tipo atmosferico, che essendo fuori terra possiedono il relativo bacino di contenimento previsto con capacità pari all'intero volume del serbatoio stesso, pompe e tubazioni di collegamento tra i serbatoi e verso i punti di arrivo e partenza degli oleodotti.

All'interno dell'impianto di stoccaggio si contano 10 serbatoi di cui solo due saranno oggetto di valutazione in quanto unici a risultare in funzione. Entrambi i serbatoi risultano essere a tetto galleggiante ma presentano capienza e dimensioni differenti: il primo (TK1) risulta essere dimensionalmente il più grande di tutti i serbatoi presenti (attivi e non) e presenta un diametro di 45.30 m, un'altezza di 16 m con una capacità pari a 25'000 m³; il secondo (TK2) ha un diametro di 28.6 m, un'altezza di 16 m e una capacità di 10'000 m³.

I serbatoi oggetto di valutazione risultano essere adibiti al contenimento di una scorta strategica di cherosene.

Tale stabilimento si classifica come *stabilimento di soglia superiore* ovvero, come definito nel D.lgs 2005/2015: «*uno stabilimento nel quale le sostanze pericolose sono presenti in quantità pari o superiori alle quantità elencate nella colonna 3 della parte 1 o nella colonna 3 della parte 2 dell'allegato 1, applicando, ove previsto, la regola della sommatoria di cui alla nota 4 dell'allegato 1*», nello specifico nella parte 2 dell'allegato 1 risultano esplicitamente definiti i limiti di soglia inferiore del cherosene pari a 2500 ton e superiore di 25000 ton. L'hold-up dei due serbatoi rappresenta il quantitativo maggiore di cherosene e risulta maggiore della quantità definita dal limite di soglia superiore.

Considerando una densità media pari a 800 kg/m^3 e i serbatoi TK1 e TK2 pieni al 100% delle proprie capacità geometriche per tener conto dell'hold-up di jet fuel presente nelle tubazioni si ottiene:

$$\text{tonnellate di jet - fuel} = 0.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times (25000 + 10000)\text{m}^3 = 28000 \text{ ton} \quad (5.1)$$

Per quanto riguarda la quantità di movimentazione annua via oleodotti, i dati di movimentazione riferiti all'anno 2015 indicano una quantità in ingresso via oleodotto pari a 276189.008 kg/anno e in uscita di 254840.054 kg/anno.

Sono diverse le cause di guasto individuate attraverso l'esame degli schemi di processo, l'analisi di operabilità HAZOP, l'analisi storica e le interviste agli operatori, ma qui di seguito vengono riportate solo quelle che interessano le apparecchiature di contenimento primario di tipo statico escludendo di conseguenza tutti quegli incidenti riguardanti le pompe:

- Sovra riempimento dei due serbatoi di stoccaggio;
- Ignizione dei due serbatoi di stoccaggio;
- Perdita di jet-fuel da tubazione;
- Perdita del fondo del serbatoio.

Coerentemente a quanto riportato nel Rapporto di Sicurezza, le apparecchiature critiche individuate sono:

- Serbatoio TK1;
- Serbatoio TK2;
- Oleodotto in entrata al deposito (OL-IN);
- Oleodotto in uscita dal deposito (OL-OUT);
- Linee di estrazione/introduzione a TK1 (L-TK1);
- Linee di estrazione/introduzione a TK2 (L-TK2).

6. Applicazione del metodo

In questo capitolo viene messa in pratica la metodologia descritta dalla Linea Guida

“*Valutazione sintetica dell’adeguatezza del programma di gestione dell’invecchiamento delle attrezzature negli stabilimento Seveso*” presa in esame nel Cap. 4, applicandola allo stabilimento di stoccaggio di jet fuel.

Al fine di quantificare il valore dell’indice compensato sono stati compilati tutti i 6 moduli relativi ai fattori acceleranti e tutti i 6 riguardanti i fattori frenanti presenti nel metodo di valutazione che in seguito sono riportati in dettaglio.

Tutti i punteggi assegnati in questo contesto fanno riferimento alle Tabelle del Capitolo 4 del presente elaborato.

Il periodo di riferimento considerato per la valutazione è pari a 10 anni.

La maggior parte dei dati è stata ricavata per mezzo del Rapporto di Sicurezza redatto dall’Azienda Tecsa s.r.l.

6.1 Qualificazione dei fattori acceleranti

In questa prima fase avviene la quantificazione di tutte le penalità dovute alla gestione del processo di invecchiamento.

Un risultato finale piccolo (in valore assoluto) derivante dalla valutazione di tutti e 6 i moduli può essere già un’indicazione parziale di una corretta gestione dell’invecchiamento.

I punteggi sono assegnati sulla base della discretizzazione presente nelle Tabelle 4.6÷4.14.

6.1.1 Tempo di servizio/età

Per la compilazione di tale modulo è stata presa in considerazione l’età reale dei componenti in rapporto al tempo di vita attesa espresso anch’esso in anni. La ragione di questa scelta è dovuta al fatto che tutte le apparecchiature sono a pressione atmosferica e non risultano soggette a stress termici o meccanici per i quali risulta consigliabile effettuare una valutazione su base oraria e non annuale.

Tutte le apparecchiature considerate presentano un tempo di vita strettamente connesso all’altezza del sovrappessore di corrosione, il tempo di vita atteso è stato calcolato tenendo conto del rateo di corrosione teorico pari a 0.15 mm/anno non essendo previsto nel sistema di gestione un sistema di monitoraggio di tale fattore.

Definendo il sovrappessore e lo spessore minimo nominale come gli spessori cautelativi progettuali che garantiscono la tenuta dell’apparecchiatura, l’età massima attesa è stata calcolata considerando il sovrappessore del fondo per i serbatoi e lo spessore minimo nominale per gli oleodotti e le linee di estrazione:

$$Età_{max}(TK1) = \frac{6.35 \text{ mm}}{0.15 \text{ mm/anno}} = 44 \text{ anni} \quad (6.1)$$

$$Età_{max}(TK2) = \frac{8 \text{ mm}}{0.15 \text{ mm/anno}} = 53 \text{ anni} \quad (6.2)$$

$$Et\grave{a} \max(OL - in) = \frac{7.92 \text{ mm}}{0.15 \text{ mm/anno}} = 53 \text{ anni} \quad (6.3)$$

$$Et\grave{a} \max(OL - out) = \frac{7.1 \text{ mm}}{0.15 \text{ mm/anno}} = 47 \text{ anni} \quad (6.4)$$

$$Et\grave{a} \max(L - TK1) = \frac{7.11 \text{ mm}}{0.15 \text{ mm/anno}} = 47 \text{ anni} \quad (6.5)$$

$$Et\grave{a} \max(L - TK2) = \frac{7.11 \text{ mm}}{0.15 \text{ mm/anno}} = 47 \text{ anni} \quad (6.6)$$

Per calcolare l'età dell'apparecchiatura si considera l'anno di installazione che risulta essere lo stesso ed è il 1974, in quanto nessun componente oggetto di valutazione risulta aver subito ricondizionamenti.

$$Et\grave{a} = 2019 - 1974 = 45 \text{ anni} \quad (6.7)$$

Tabella 6.1: Calcolo della Penalità del modulo "Tempo di servizio/età"

Apparecchiatura critica	Età	Età max di esercizio	Età/Età max (%)	Punteggio per apparecchiatura (Tab.4.2)
TK1	45	42	107 %	3
TK2	45	53	85%	1
OL-in	45	53	85%	1
OL-out	45	47	96%	2
L-TK1	45	47	96%	2
L-TK2	45	47	96%	2
Penalità = $\frac{3 + 1 + 1 + 2 + 2 + 2}{6} = \mathbf{1.83}$				

6.1.2 Fermate

Sono riportate il numero di fermate impreviste e quelle totali che hanno interessato l'impianto di cui fa parte l'apparecchiatura.

Nel caso in cui non siano registrate fermate sia programmate che impreviste la percentuale non risulta essere calcolabile ed il punteggio associato sarà pari a 1.

Tabella 6.2: Calcolo della Penalità del modulo “Fermate”

Apparecchiatura critica	N° fermate impreviste	N° fermate totali	Colonna2/Colonna3	Punteggio per apparecchiatura (Tab.4.6)
TK1	0	1	0 %	1
TK2	0	1	0 %	1
OL-in	0	1	0 %	1
OL-out	0	6	0 %	4
L-TK1	0	1	0 %	1
L-TK2	0	1	0 %	1
$\text{Penalità} = \frac{1 + 1 + 1 + 4 + 1 + 1}{6} = 1.5$				

Le 5 fermate impreviste che hanno interessato l’oleodotto uscente dallo Stabilimento sono dovute ad effrazioni subite.

6.1.3 Tasso di guasto

Il valore dei guasti attesi sarà, per ogni elemento, un numero decimale sicuramente minore o molto minore di 1. I termini frazionari non hanno ovviamente senso fisico, quindi 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.

Si ricorda che il numero di guasti attesi è dato dal prodotto tra il rateo di guasto e il tempo di osservazione (pari a 10 anni).

Andando nel dettaglio, i ratei di guasto scelti variano in relazione all’apparecchiatura e al tipo di guasto considerato.

6.1.3.1 Serbatoi TK1 e TK2

Per quanto riguarda TK1 e TK2 si considera un guasto dovuto alla perdita di prodotto dal fondo per corrosione in quanto risulta essere quelli più strettamente connesso al fenomeno di invecchiamento.

Nonostante la presenza sui serbatoi di sistemi di controllo e di allarme per il rilevamento di abbassamenti anomali di livello, in questo contesto il rateo di guasto considerato non tiene conto di tali mitigazioni.

Viene infatti considerato un valore di rateo di guasto atteso secco, relativo alla perdita dal fondo di serbatoio coerentemente al fatto che l’invecchiamento, come visto, non risulta mitigato dalla presenza di sistemi di controllo.

$$\lambda = 5.6 \times 10^{-4} \text{ occ./anno} \tag{6.8}$$

Tale valore tiene conto di tutti gli aspetti legati alla corrosione e alle rotture meccaniche che possono interessare il serbatoio (EEMUA, 2011).

6.1.3.2 Oleodotti OL-in e OL-out

Sia per OL-in che per OL-out, invece, viene considerata la somma di due ratei di guasto differenti: uno relativo alla perdita da accoppiamento flangiato e il secondo dovuto alla perdita del tratto interno di tubazione.

Per quanto riguarda la perdita da accoppiamento flangiato, da letteratura (Lees, 1996) si riscontra una frequenza pari a:

$$f = 10^{-8} \text{ occ./h} \quad (6.9)$$

Sia il tratto relativo a OL-in che quello di OL-out presentano un numero di accoppiamenti flangiati pari a 10, considerando che entrambi gli oleodotti non saranno mai svuotati completamente ma avranno al loro interno sempre un quantitativo di jet-fuel, la base in ore su cui è effettuato il calcolo è per entrambi pari a 8760, ovvero le ore contenute in un intero anno. Diversamente, se si fosse raggiunto l'intero svuotamento degli oleodotti se ne sarebbe considerato solo il tempo operativo pari per il primo a 480 h/anno e per il secondo a 960 h/anno.

$$f(\text{perdita da accoppiamento flangiato})_{OL-in} = f_{OL-out} = 10^{-8} \times 10 \times 8760 = 8.76 \times 10^{-4} \text{ occ./anno} \quad (6.10)$$

Per quanto riguarda la perdita significativa da tubazione, si è partiti da una frequenza di accadimento pari a (Dr J V Haswell, 2015):

$$f = 6 \times 10^{-8} \text{ occ./anno} \cdot m \quad (6.11)$$

Nella Tabella seguente si riportano le cause che possono portare ad una perdita significativa da tubazione con associate le rispettive probabilità.

Tabella 6.3: Cause della perdita significativa da tubazione

Cause	Probabilità %
Difetti di saldatura circonferenziale	18.5
Interferenze esterne	22
Corrosione interna	1
Corrosione esterna	20
Sconosciute	4
Cracking per presenza di gas umido	16.5
Rottura saldatura fittings	2
Perdita da morsetti di chiusura	1.6
Fulminazione	0.5
Stress del terreno	0.5
Giunti filettati	0.5
Rottura per effetto "arco voltaico"	0.5
Difetti del materiale	7
Movimenti del terreno	3.8
Difetti di saldatura longitudinale	1.6

Tra le cause elencate, alcune non sono applicabili al caso in esame, tra cui:

- Interferenze esterne: trattandosi di rilasci dovuti alla rottura della linea causata da mezzi scavatori riguarda tubazioni interrate.
- Cracking per presenza di gas umido: in quanto il jet-fuel è in fase liquida;

- Perdita da morsetti di chiusura: assenti;
- Stress del terreno: non incidente dato che le tubazioni sono tutte esterne;
- Giunti filettati: assenti;
- Rottura per effetto “arco voltaico”: in quanto il prodotto è in fase liquida.

Al fine di quantificare il rateo di guasto dovuto alla perdita della tubazione per invecchiamento della stessa, si considerano solo le cause più strettamente connesse con il fenomeno di aging, di conseguenza vengono ulteriormente escluse le seguenti cause:

- Difetti di saldatura circonferenziale;
- Sconosciute;
- Rottura saldatura fittings;
- Fulminazione;
- Difetti del materiale;
- Difetti di saldatura longitudinale.

La ragione che porta ad escludere tutte le tipologie di difetti elencate tra le probabili cause di accadimenti della perdita è che non risulta dalla fonte specificato se le probabilità associate sono frutto di usura o di difetti costruttivi.

In questo contesto vengono allora interpretati come difetti costruttivi e non come problematiche legate al funzionamento.

Come risultato di tale ragionamento si ottiene una frequenza ridotta all'20%, valore coincidente con la somma delle probabilità di corrosione interna (1%) ed esterna (20%).

$$f = 6 \times 10^{-8} \times 0.21 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ occ./anno} \cdot m \quad (6.12)$$

Considerando un tratto di Oleodotto entrante in Stabilimento di 230 m e per quello uscente di 430 m si ottengono rispettivamente i seguenti risultati:

$$f(\text{perdita da tubazione})_{OL-in} = 1.26 \times 10^{-6} \times 230 \cong 2.9 \times 10^{-4} \text{ occ./anno} \quad (6.13)$$

$$f(\text{perdita da tubazione})_{OL-out} = 1.26 \times 10^{-6} \times 430 \cong 5.4 \times 10^{-4} \text{ occ./anno} \quad (6.14)$$

Allora il rateo di guasto risultante sarà pari alla somma dei due valori trovati per ognuno dei due tratti di oleodotto:

$$\lambda_{OL-in} = 8.76 \times 10^{-4} + 2.9 \times 10^{-4} \cong 1.7 \times 10^{-3} \text{ occ./anno} \quad (6.15)$$

$$\lambda_{OL-in} = 8.76 \times 10^{-4} + 5.4 \times 10^{-4} \cong 1.42 \times 10^{-3} \text{ occ./anno} \quad (6.16)$$

6.1.3.3 Linee di introduzione/estrazione L-TK1 e L-TK2

Per quanto riguarda le linee di ingresso e uscita dei serbatoi il rateo di guasto relativo alle perdite viene trascurato data la lunghezza limitata di esse e viene considerato solo quello dovuto all'ipotesi di rilascio causato dalla perdita degli accoppiamenti flangiati che risultano in numero pari a 5 su entrambe le linee.

Mediante lo stesso procedimento visto per la perdita da accoppiamento flangiato degli oleodotti, si ottiene per entrambe le linee quanto segue:

$$\lambda_{L-TK1} = \lambda_{L-TK2} = 10^{-8} \times 5 \times 8760 = 4.38 \times 10^{-4} \text{ occ./anno} \quad (6.17)$$

Una volta ottenuti tutti i valori dei ratei di guasto necessari, si effettua il calcolo della penalità corrispondente.

Tabella 6.4: Calcolo della Penalità del modulo "Tassi di guasto"

Apparecchiatura Critica	N° guasti registrati	N° guasti attesi	Colonna2/Colonna1	Penalità (Tab. 4.8)
TK1	0	5.6×10^{-4}		
TK2	0	5.6×10^{-4}		
OL-in	0	1.7×10^{-3}		
OL-out	0	1.42×10^{-3}		
L-TK1	0	4.38×10^{-4}		
L-TK2	0	4.38×10^{-4}		
SOMMA	0	4.68×10^{-3} Arrotondata =1	$\frac{0}{1} = 0$	1

Si ricorda che l'arrotondamento all'intero superiore relativo al numero di guasto attesi è dovuto all'assenza di significato fisico di un numero di guasti frazionario.

6.1.4 Incidenti e quasi incidenti

Non essendo stati registrati eventi significativi dovuti a deterioramento negli ultimi 10 anni, il punteggio relativo a tale modulo si quantifica come segue:

Tabella 6.5: Calcolo della Penalità per il modulo "Incidenti e quasi incidenti"

N° eventi negli ultimi 10 anni	N° eventi connessi a deterioramento	Rapporto	Penalità (Tab.4.9)
1	0	$\frac{0}{1} = 0\%$	1

6.1.5 Danneggiamenti

Si considerano in questo contesto solo i danneggiamenti classificati come gravi, ovvero quelli che inficiano le funzionalità delle apparecchiature oggetto di valutazione e che, per ristabilire le condizioni iniziali, prevedono un intervento nel minor tempo possibile.

Non essendo registrati danneggiamenti gravi occorsi negli ultimi 10 anni il punteggio relativo a questa penalità risulta essere minimo.

Tabella 6.6: Calcolo della Penalità per il modulo “Danneggiamenti”

N° eventi negli ultimi 10 anni	N° eventi connessi a deterioramento	Rapporto	Penalità (Tab.4.10)
1	6	$\frac{0}{6} = 0\%$	1

6.1.6 Meccanismi di deterioramento

Il fattore risultante dalla seguente analisi dipende dai meccanismi fisici e chimici di deterioramento delle apparecchiature critiche.

Nel dettaglio, si fa riferimento alla capacità di rilevare i principali meccanismi di deterioramento (mediante ispezione), alla velocità di propagazione di ciascun meccanismo, al livello di variabilità del meccanismo e alla conoscenza del fenomeno.

Per ogni attrezzatura critica si riporta il meccanismo di deterioramento “prevalente” ed il relativo punteggio.

A fronte dei meccanismi di deterioramento illustrati nel Capitolo 4 si possono effettuare alcune considerazioni di base per definire quello prevalente. In tale contesto si tenga presente che il jet-fuel non è una sostanza corrosiva, di conseguenza non si assumono come meccanismi di deterioramento prevalenti i fenomeni di corrosione interna, inoltre le apparecchiature non risultano essere soggette ad alcun tipo di carico (sia esso costante o variabile) e a stress termici. Durante le ispezioni non è stata rilevata alcuna presenza di acqua tra il materiale e il rivestimento ignifugo.

Tali considerazioni, portano a considerare la “corrosione dovuta all’ambiente” come meccanismo prevalente ma, dato che tra le voci presenti nella linea guida il “meccanismo di assottigliamento uniforme” tiene in considerazione sia fenomeni di corrosione che di erosione, definendo quest’ultima come un meccanismo secondo il quale la superficie di un materiale viene danneggiata a causa del contatto con particelle che impattano con diversa velocità e traiettoria su di essa, si decide di considerare a titolo conservativo questo meccanismo come prevalente. In questo modo, si tengono in considerazione anche i possibili fenomeni di corrosione interna dovuti all’accumulo di depositi per il trasporto di un prodotto di distillazione del greggio.

Scegliere come meccanismo il fenomeno di corrosione ambientale avrebbe comportato l’assunzione, in linea con la Tabella. 4.14, di una penalità pari a 1 per ogni apparecchiatura, diversamente invece se ne ottiene un punteggio pari a 2.

Tabella 6.7: Calcolo della Penalità per il modulo "Meccanismi di deterioramento"

Apparecchiatura Critica	Meccanismo di deterioramento	Punteggio per apparecchiatura
TK1	Meccanismo di assottigliamento uniforme (corrosione/erosione)	2
TK2	Meccanismo di assottigliamento	2

	uniforme (corrosione/erosione)	
OL-in	Meccanismo di assottigliamento uniforme (corrosione/erosione)	2
OL-out	Meccanismo di assottigliamento uniforme (corrosione/erosione)	2
L-TK1	Meccanismo di assottigliamento uniforme (corrosione/erosione)	2
Penalità = $\frac{2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2}{6} = 2$		

6.1.7 Penalità complessiva

Non essendo specificato all'interno della Linea Guida un criterio attraverso cui poter associare pesi differenti ai diversi moduli valutati, si associa a tutti un peso unitario per effettuare il calcolo della penalità complessiva di stabilimento che sarà poi utilizzata nel calcolo dell'indice compensato.

Tabella 6.8: Calcolo della Penalità complessiva

Moduli dei fattori acceleranti	Peso	Punteggio di Penalità
Età	-1	$1.83 \times (-1) = -1.83$
Fermate	-1	$1.5 \times (-1) = -1.5$
Tassi di guasto	-1	$1 \times (-1) = -1.00$
Incidenti e quasi incidenti	-1	$1 \times (-1) = -1.00$
Danneggiamenti	-1	$1 \times (-1) = -1.00$
Meccanismi di deterioramento	-1	$2 \times (-1) = -2.00$
Penalità complessiva = $\frac{-(1.83 + 1.5 + 1 + 1 + 1 + 2)}{6} \cong -1.4$		

6.2 Quantificazione dei fattori frenanti

In questa fase vengono valutati tutti e 6 i moduli che apportano un punteggio compensativo alla valutazione.

Al contrario di quanto scritto per i fattori frenanti, l'auspicio per ottenere un valore di indice compensato positivo e non prossimo allo zero è quello di ottenere una compensazione totale elevata.

I punteggi sono assegnati sulla base della discretizzazione presente nelle Tabelle 4.15÷4.22.

6.2.1 Sistema di gestione integrità

Si assegna un punteggio relativo al sistema di gestione utilizzato nello stabilimento.

In questo contesto si ha un sistema di gestione che prevede la programmazione delle ispezioni in base al rischio RBI secondo gli standard API con l'utilizzo integrato di software.

Tabella 6.9: Calcolo della Compensazione per il modulo "Sistema di gestione integrità"

Sistema di gestione integrità	Compensazione (Tab.4.15)
Programmazione delle ispezioni in base al rischio RBI, secondo standard EEMUA, API, ASME, UNI o CEN (utilizzo di software specifico)	3

6.2.2 Risultati delle visite ispettive e degli Audit del SGS-PIR

Nel calcolo si tengono in considerazione le sole visite ispettive e audit sul Sistema di gestione della sicurezza per la prevenzione di incidenti rilevanti (SGS-PIR).

Il numero di punti esaminati immesso in Tabella fa riferimento all'ultima ispezione SGS.

Tabella 6.10: Calcolo della Compensazione per il modulo "Risultati delle visite ispettive e degli Audit SGS-PIR"

	Punteggio non conformità minori	Punteggi non conformità maggiori
punti della lista di riscontro esaminati negli ultimi 10 anni	26	
punti con non conformità minori	6	
punti con non conformità maggiori		5
percentuale dei punti non conformi	$\frac{6}{26} = 23\%$	$\frac{5}{26} = 19\%$
Compensazione Parziale (Tab. 4.16)	2	2
Compensazione = $\frac{2 + 2}{2} = 2$		

6.2.3 Pianificazione e risultati delle ispezioni

Sono inserite il numero delle ispezioni programmate sulla base di quanto descritto nel documento *Registro elementi critici*.

Per i serbatoi TK1 e TK2 si prevede un'ispezione visiva ogni 5 anni e una completa ogni 15.

In merito agli oleodotti OL-in e OL-out invece, l'ispezione risulta essere a periodo quadrimestrale al fine di verificare l'assenza di perdite dovute ad una possibile usura delle tubazioni.

Per quanto riguarda le linee L-TK1 e L-TK2 l'ispezione avviene una volta all'anno

Nel 2012 e 2016 per OL-in e solo nel 2016 per OL-out sono stati effettuate test di integrità per lanci PIG (piggaggio).

L'attività di "piggaggio" consiste nel far passare nella condotta una sorta di cilindro che, avanzando sotto la spinta del fluido trasportato, rimuove dalle pareti i possibili accumuli depositati come cere, asfalteni, sabbia, acqua, veicolandoli all'esterno della tubazione (Alberto di Lullo, 2006).

Per nessuna delle apparecchiature oggetto di valutazione si hanno dati riguardanti l'esecuzione e la buona riuscita di test funzionali.

Tabella 6.11: Compensazione parziale per test funzionali

Apparecchiatura critica	N° test funzionali eseguiti	N° test funzionali OK	Rapporto delle somme
TK1	-	-	
TK2	-	-	
OL-in	-	-	
OL-out	-	-	
L-TK1	-	-	
L-TK2	-	-	
SOMMA	-	-	
<i>Compensazione parziale1 = Non dato</i>			

Tabella 6.12: Compensazione parziale per test di integrità

Apparecchiatura critica	N° test di integrità eseguiti	N° test di integrità OK	Rapporto delle somme
TK1	-	-	
TK2	-	-	
OL-in	2	2	
OL-out	1	1	
L-TK1	-	-	
L-TK2	-	-	
SOMMA	3	3	$\frac{3}{3} = 100\%$
<i>Compensazione parziale2 = 4</i>			

Tabella 6.13: Compensazione parziale per programmazione delle visite ispettive

Apparecchiatura critica	N° ispezioni programmate	N° ispezioni entro scadenza	Rapporto delle somme
TK1	3	3	
TK2	3	3	
OL-in	30	30	
OL-out	30	30	
L-TK1	10	10	
L-TK2	10	10	
SOMMA	86	86	$\frac{86}{86} = 100\%$
<i>Compensazione parziale</i> 3 = 4			

Secondo il procedimento illustrato nella Linea Guida si dovrebbe eseguire la media tra i punteggi delle 3 compensazioni ottenute ma, in questo caso il calcolo risulta viziato dalla mancanza di dati.

Si noti infatti che associare un punteggio pari a 4 alla sezione del modulo relativo ai test di integrità risulta essere un punteggio non corrispondente alla realtà in quanto non sono considerati nel calcolo i test di ben 4 apparecchiature su 6 ma, in assenza di istruzioni in merito si decide, per questa compensazione parziale di associare i punteggi derivante dalla discretizzazione dei dati a disposizione.

In seguito, sarà comunque valutata la compensazione del modulo e il conseguente indice compensato se si avessero preso decisioni differenti.

Un altro problema è causato dall'assenza di dati relativi ai test di funzionalità che porta ad un impedimento nel calcolo della relativa compensazione.

La Linea Guida non specifica in alcun modo la strategia da adottare in caso di mancanza totale di dati o di presenza parziale di essi, inoltre non prevede la possibilità di associare un punteggio nullo sia esso complessivo o parziale.

In tal caso, associare un punteggio anche minimo alla prima compensazione significherebbe mettere l'assenza di dati allo stesso piano di una situazione in cui il rapporto tra i test funzionali effettuati e quelli risultati positivi sia minore del 90% in accordo con la Tabella 4.17.

Per l'impossibilità matematica di effettuare tale rapporto, discostandosi da quanto descritto dal documento redatto dall'INAIL si associa un punteggio nullo alla prima compensazione.

Con queste ipotesi il valore della compensazione relativa al suddetto modulo sarà il risultato del seguente calcolo:

$$\text{Compensazione} = \frac{0 + 4 + 4}{3} = 2.67 \quad (6.18)$$

Si noti che, associando una compensazione parziale relativa ai test di integrità differente si sarebbero raggiunti risultati non troppo lontani da quello che verrà preso in considerazione per la valutazione dell'indice complessivo ad esclusione della compensazione ottenuta con un punteggio pari a 1 del modulo relativo ai test di integrità che presenta una differenza di una unità rispetto al valore considerato.

Essendo poi il valore di compensazione ottenuto mediato insieme a quelli degli altri 5 moduli, il risultato finale come si vedrà in seguito non cambierà di molto.

$$\text{Compensazione} = \frac{0 + 1 + 4}{3} = 1.67 \quad (6.19)$$

$$\text{Compensazione} = \frac{0 + 2 + 4}{3} = 2 \quad (6.20)$$

$$\text{Compensazione} = \frac{0 + 3 + 4}{3} = 2.33 \quad (6.21)$$

6.2.4 Efficacia delle ispezioni

In questo modulo sono prese in considerazione le sole ispezioni realmente avvenute. Per ogni apparecchiatura critica si tiene conto del livello di adeguatezza ed efficacia delle ispezioni effettuate e anche del livello di qualificazione degli ispettori.

Per quanto riguarda la voce "Efficacia, estensione e adeguatezza delle ispezioni" si è assunta la capacità di "rilevare il danno in quasi tutti i casi", mentre per quanto concerne la "Qualificazione degli ispettori e della ditta", prendendo in considerazione l'Azienda Tecsa s.r.l., è stata considerata la voce relativa alla "Ditta certificata".

Tabella 6.14: Calcolo della Compensazione per il modulo "Efficacia delle ispezioni"

Apparecchiatura Critica	Efficacia/ Estensione/ Adeguatezza delle ispezioni (Tab. 4.18)	Qualificazione ispettori/ ditta (Tab.4.19)	Punteggio per apparecchiatura
TK1	4	4	$\frac{4 + 4}{2} = 4$
TK2	4	4	$\frac{4 + 4}{2} = 4$
OL-in	4	4	$\frac{4 + 4}{2} = 4$
OL-out	4	4	$\frac{4 + 4}{2} = 4$
L-TK1	4	4	$\frac{4 + 4}{2} = 4$
L-TK2	4	4	$\frac{4 + 4}{2} = 4$

$$\text{Compensazione} = \frac{4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4}{6} = 4$$

6.2.5 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 (INAIL, Aprile 2018).

Il punteggio assegnato è relativo alla tipologia di controllo presente in stabilimento che presenta registrazione dei dati e blocco automatico.

Tabella 6.15: Calcolo della Compensazione per il modulo "Controllo di processo"

Sicurezza funzionale	Compensazione (Tab. 4.20)
Sistema di controllo con registrazione dei dati + blocco automatico	2

6.2.6 Rivestimenti e protezioni specifiche

I serbatoi presentano una protezione esterna mentre le tubazioni una interna.

Sul rivestimento dei primi viene effettuato un controllo ogni 5 anni, quindi coerentemente a quanto riportato in Tab.4.21, si effettua l'ispezione nell'intervallo minimo definito per i rivestimenti esterni.

Per le tubazioni invece, non avendo dati in merito al periodo ispettivo si è assunto conservativamente il punteggio più basso.

Tabella 6.16: Calcolo della Compensazione per il modulo "Rivestimenti e protezioni specifiche"

Apparecchiatura critica	Tipo di rivestimento	Frequenza controlli (Tab.4.22)	Condizioni (Tab.4.22)	Punteggio per apparecchiatura
TK1	Verniciatura	3	3	$\frac{3 + 3}{2} = 3$
TK2	Verniciatura	3	3	$\frac{3 + 3}{2} = 3$
OL-in	Verniciatura interna	1	2	$\frac{2 + 1}{2} = 1.5$
OL-out	Verniciatura interna	1	2	$\frac{2 + 1}{2} = 1.5$
L-TK1	Verniciatura interna	1	2	$\frac{2 + 1}{2} = 1.5$
L-TK2	Verniciatura interna	1	2	$\frac{2 + 1}{2} = 1.5$

$$\text{Compensazione} = \frac{3 + 3 + 1.5 + 1.5 + 1.5 + 1.5}{6} = 2$$

6.2.7 Compensazione complessiva

Con la stessa considerazione fatta per il calcolo della penalità complessiva, si associa ad ogni modulo un peso unitario, ma questa volta di segno positivo, al fine di calcolare il punteggio compensativo risultante dall'analisi svolta sui moduli dei fattori frenanti il processo di invecchiamento.

Tabella 6.17: Calcolo della Compensazione complessiva

Moduli dei fattori frenanti	Peso	Compensazione
Sistema gestione integrità	1	$3 \times 1 = 3.00$
Visite ispettive e Audit	1	$2 \times 1 = 2.00$
Pianificazione e risultati delle ispezioni	1	$2.67 \times 1 = 2.67$
Efficacia delle ispezioni	1	$4 \times 1 = 4.00$
Controllo di processo	1	$2 \times 1 = 2.00$
Rivestimenti e protezioni	1	$2 \times 1 = 2.00$
Compensazione totale = $\frac{3 + 2 + 2.67 + 4 + 2 + 2}{6} = 2.61$		

Nell'ipotesi in cui si fosse assunto un punteggio relativo al modulo "Pianificazione e risultati delle ispezioni" diverso da 2, il valore della compensazione totale ottenuta sarebbe stato differente come evidenziato di seguito.

Si valutano di seguito un valore di tale modulo pari a, nell'ordine: 1.67, 2.00, 2.33 e ottenuti come descritto nel paragrafo "6.2.3 Pianificazione delle ispezioni".

$$\text{Compensazione totale} = \frac{3 + 2 + 1.67 + 4 + 2 + 2}{6} = 2.45 \quad (6.22)$$

$$\text{Compensazione totale} = \frac{3 + 2 + 2.00 + 4 + 2 + 2}{6} = 2.5 \quad (6.23)$$

$$\text{Compensazione totale} = \frac{3 + 2 + 2.33 + 4 + 2 + 2}{6} = 2.56 \quad (6.24)$$

6.3 Calcolo dell'Indice Compensato

L'indice compensato risultante dalla valutazione descritta fornisce un'informazione a livello di stabilimento della gestione dell'invecchiamento.

Il risultato ottenuto non dà però alcuna informazione specifica rispetto all'invecchiamento e allo stato delle apparecchiature critiche oggetto di valutazione.

Vuole comunque essere un dato generale utile al fine di capire se può essere necessario definire azioni aggiuntive di manutenzione e ispezione per migliorare e ottimizzare la gestione dello stabilimento in merito al processo di invecchiamento.

Più tale valore risulta maggiore di zero migliore sarà l'esito della valutazione, diversamente un indice prossimo a zero o addirittura negativo indica la necessità di adottare misure integrative.

Tabella 6.18: Calcolo dell'Indice Compensato

Compensazione totale	Penalità totale
2.61	-1.4
<i>Indice Compensato</i> = 2.61 – 1.4 = 1.21	

A prova di quanto detto riguardo alla variazione minima dell'Indice Compensato ottenuto tramite valori di compensazione totale diversi pari a 2.45, 2.55 e 2.6 si notino i risultati seguenti:

$$\mathbf{Indice\ Compensato = 2.45 - 1.4 = 1.05} \quad (6.25)$$

$$\mathbf{Indice\ Compensato = 2.5 - 1.4 = 1.1} \quad (6.26)$$

$$\mathbf{Indice\ Compensato = 2.56 - 1.4 = 1.16} \quad (6.27)$$

L'indice compensato sarebbe comunque risultato maggiore di zero.

Un'analisi di questo tipo viene messa nel caso di assunzione di una compensazione parziale relativa al rapporto riguardante i test di funzionalità nel modulo "Pianificazione delle ispezioni" in quanto si ritiene irrealistico associare anche solo un punto di compensazione ad un'analisi con dati completamente mancanti.

7. Valutazioni e considerazioni aggiuntive

L'indice compensato risultato della valutazione fornisce un'indicazione generale della gestione del processo di invecchiamento dell'impianto (o stabilimento) esaminato ma non ne fornisce informazioni specifiche rispetto alle singole apparecchiature critiche o più in generale rispetto alle categorie di cui queste fanno parte come colonne, serbatoi, tubazioni, reattori ecc.

Valutazioni di questo tipo si ritiene possano essere molto utili soprattutto in risposta ad un risultato di Indice Compensato complessivo negativo o di poco superiore a zero per cui vengono consigliati al gestore interventi al fine di apportare migliorie a livello di stabilimento. Infatti, in questo caso, individuando il componente o la categoria più critica si potranno consigliare interventi specifici come ad esempio, seguendo la filosofia RBI, definire programmi di ispezione mirati per le apparecchiature più a rischio.

Sulla base di ciò, nel caso dell'impianto valutato, è stata effettuata un'analisi di gestione dell'invecchiamento aggiuntiva sia per categorie che per apparecchiature al fine ottenere informazioni più di dettaglio.

La valutazione per categorie è stata fatta dividendo le apparecchiature in due "gruppi": serbatoi, che contano al loro interno due apparecchiature (TK1 e TK2), e tubazioni che invece ne contano quattro (OL-in, OL-out, L-TK1 e L-TK2).

Il procedimento adottato, in questo caso, porta a considerare le due categorie come due realtà a sé stanti e a procedere con il metodo di valutazione indicato considerando che nello stabilimento siano individuate come apparecchiature critiche solo quelle facenti parte della categoria scelta.

Si otterranno valutazioni ben distinte delle due categorie i cui dati immessi rimangono coerenti con quanto inserito nel capitolo precedente, ma tenendo presente che i fattori richiedenti un numero mediato saranno ottenuti per i serbatoi su base 2 e per le tubazioni su base 4.

Tenendo in considerazione che, in tal caso il valore di Indice Compensato per categoria ottenuto possa essere molto viziato in base al numero di apparecchiature che si considerano, ciò che viene fatto è, una volta eseguito il calcolo, moltiplicare il risultato per il rapporto tra il numero di apparecchiature facenti parte della categoria rispetto al totale di quelle critiche presenti in modo tale da ottenere un valore pesato.

Rimane valida la decisione di utilizzare pesi uguali per ciascun modulo valutato: -1 per i fattori acceleranti e +1 per quelli frenanti, il prodotto di questi per ogni punteggio ottenuto risulta qui implicito.

Nelle Tabelle seguenti si riportano i risultati riassuntivi di quanto descritto.

Si tenga presente che, la scelta di pesare l'indice compensato ottenuto per ciascuna delle due categorie è dovuto al fatto che, in una valutazione di questo tipo, si ha un'alta probabilità di ottenere un indice elevato per categorie contenenti solo un'apparecchiatura e basso per quelle più numerose. In questo modo, allora, vengono proporzionati gli indici ottenuti.

Tabella 7.1: Calcolo dell'Indice Compensato per i Serbatoi

Categoria: SERBATOI , N° apparecchiature: 2 (TK1, TK2)			
Moduli fattori acceleranti	Penalità	Moduli fattori frenanti	Compensazione
Età	$\frac{3 + 1}{2} = 2$	Sistema gestione integrità	3
Fermate	$\frac{1 + 1}{2} = 1$	Visite ispettive e Audit	2
Tassi di guasto	$\frac{0}{1} = 1$	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 0 + 4}{3} = 1.33$
Incidenti e quasi incidenti	1	Efficacia delle ispezioni	4
Danneggiamenti	1	Controllo di processo	2
Meccanismi di deterioramento	$\frac{2 + 2}{2} = 2$	Rivestimenti e protezioni	3
Penalità tot. $= \frac{-(2 + 2 + 1 + 1 + 1 + 2)}{6} = -1.33$		Compensazione tot. $= \frac{3 + 2 + 1.33 + 4 + 2 + 3}{6} = 2.55$	
Indice Compensato = 2.55 – 1.33 = 1.22			
Indice compnsato pesato = 1.22 × $\frac{2}{6}$ = 0.42			

Tabella 7.2: Calcolo dell'Indice Compensato per le Tubazioni

Categoria: TUBAZIONI , N° apparecchiature: 4 (OL-in, OL-out, L-TK1, L-TK2)			
Moduli fattori acceleranti	Penalità	Moduli fattori frenanti	Compensazione
Età	$\frac{1 + 2 + 2 + 2}{4} = 1.75$	Sistema gestione integrità	3
Fermate	$\frac{1 + 4 + 1 + 1}{4} = 1.75$	Visite ispettive e Audit	2
Tassi di guasto	$\frac{0}{1} = 1$	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 4 + 4}{3} = 2.67$
Incidenti e quasi incidenti	1	Efficacia delle ispezioni	4
Danneggiamenti	1	Controllo di processo	2

Meccanismi di deterioramento	$\frac{2 + 2 + 2 + 2}{4} = 2$	Rivestimenti e protezioni	$\frac{1.2 + 1.5 + 1.5 + 1.5}{4} = 1.5$
Penalità tot. $= \frac{-(1.75 + 1.75 + 1 + 1 + 1 + 2)}{6}$ $= -1.42$		Compensazione tot. $= \frac{3 + 2 + 2.67 + 4 + 2 + 1.5}{6} = 2.53$	
Indice Compensato = $2.53 - 1.42 = 1.11$			
Indice compensato pesato = $1.11 \times \frac{4}{6} = 0.74$			

In questo modo è possibile valutare, in modo diretto quale delle categorie presente risulti essere la più critica.

Un ulteriore analisi che può essere interessante è quella della valutazione dell'Indice compensato per ogni apparecchiatura presente, sempre nell'ottica di fornire risposte e mirate al gestore di uno stabilimento.

In questo caso viene stressato il metodo in quanto si decide di prendere in considerazione solo quei moduli i cui dati utilizzati, al fine di definirne il punteggio, risultano essere relativi alla singola apparecchiatura come già descritto in Tabella (4.1). In questo modo è possibile valutare la singola apparecchiatura sulla base dei punteggi ad essa associati scartando tutte le penalità e compensazioni risultanti da dati complessivi di stabilimento.

In particolare, per i fattori frenanti verrà ommesso il punteggio dei seguenti moduli:

- Modulo 3: Incidenti e quasi incidenti;
- Modulo 4: Danneggiamenti.

Questi infatti sono riferiti agli eventi accaduti nell'intero stabilimento durante il periodo di osservazione scelto.

Per quanto riguarda i fattori acceleranti, invece, sono ommessi tre moduli:

- Moduli 1: Sistema di gestione integrità;
- Modulo 2: Risultati delle visite ispettive e degli Audit;
- Modulo 5: Controllo di processo.

Questi moduli fanno riferimento alla gestione dello stabilimento quindi non applicabili e distinguibili per singola apparecchiatura critica.

Tolti i moduli il cui punteggio non è associabile alla singola apparecchiatura, penalità e compensazioni saranno il risultato diretto della discretizzazione dei dati riferiti alla singola apparecchiatura valutata.

Per il modulo 3 dei fattori frenanti "Pianificazione e risultati delle ispezioni", verranno fatte alcune osservazioni aggiuntive dovute alla mancanza di dati che comporterà, ancora una volta, qualche grado di incertezza durante la compilazione.

Per prima cosa si valuta il serbatoio TK1 che per quanti riguarda le penalità associate ai fattori frenanti non porta a gradi di incertezza in quanto sono stati ripresi i punteggi ottenuti, relativamente al suddetto serbatoio, durante la valutazione complessiva di cui al capitolo precedente.

Per i fattori frenanti l'unico grado di incertezza è rivolto al modulo 3, primo modulo elencato in tabella, in quanto risultano mancanti, relativamente al serbatoio TK1, i dati relativi ai test funzionali e di integrità. Per tale ragione, ricordando che il modulo suddetto è calcolato attraverso la media di 3 punteggi ed essendo in mancanza di due di essi, a questi si associa arbitrariamente il punteggio nullo anche se non previsto dalla Linea Guida.

Tabella 7.3: Indice compensato valutato su TK1

SERBATOIO TK1			
<u>Fattori acceleranti</u>	Penalità	<u>Fattori frenanti</u>	Compensazioni
Età	3	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 0 + 4}{3} = 1.33$
Fermate	1	Efficacia delle ispezioni	4
Tassi di guasto	1	Rivestimenti e protezioni	3
Meccanismi di deterioramento	2		
$Penalità = \frac{-(3 + 1 + 1 + 2)}{4} = -1.75$		$Compensazione = \frac{1.33 + 4 + 3}{3} = 2.78$	
$Indice\ compensato = 2.78 - 1.75 = \mathbf{1.03}$			

Valutando l'indice compensato per TK2, il ragionamento fatto per il primo serbatoio rimane valido.

I punteggi rientranti nel calcolo sono esclusivamente riferiti ai dati considerati per l'apparecchiatura in questione.

Ciò che porta l'indice compensato di TK2 ad essere maggiore di quello di TK1 è la penalità dovuto all'età dei serbatoi che nel calcolo seguente assume una penalità minima in seguito alla discretizzazione del rapporto tra l'età di TK2 e la sua età massima di esercizio.

Tabella 7.4: Indice compensato valutato su TK2

SERBATOIO TK2			
<u>Fattori acceleranti</u>	Penalità	<u>Fattori frenanti</u>	Compensazioni
Età	1	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 0 + 4}{3} = 1.33$
Fermate	1	Efficacia delle ispezioni	4
Tassi di guasto	1	Rivestimenti e protezioni	3
Meccanismi di deterioramento	2		

$Penalità = \frac{-(1 + 1 + 1 + 2)}{4} = -1.25$	$Compensazione = \frac{1.33 + 4 + 3}{3} = 2.78$
$Indice\ compensato = 2.78 - 1.25 = \mathbf{1.53}$	

Nel caso degli oleodotti, diversamente dai serbatoio, nel modulo “Pianificazione e risultati delle ispezioni” sono presenti dati relativi ai test di lancio del PIG di conseguenza, in entrambi i casi è possibile quantificare il punteggio relativo sia alle ispezioni che ai test di integrità effettuati, rimane comunque nullo quello relativo ai test di funzionalità.

La grande differenza degli indici compensati ottenuti è dovuta al numero di fermate impreviste che hanno interessato OL-out e agli anni attesi di esercizio massimo. Questi ultimi risultano inferiori nel secondo caso rispetto al primo portando ad avere, a parità di età della tubazione una penalità superiore dovuta al verificarsi di fenomeni di usura più importanti.

Tabella 7.5: Indice compensato valutato su OL-in

OLEODOTTO OL-in			
<u>Fattori acceleranti</u>	Penalità	<u>Fattori frenanti</u>	Compensazioni
Età	1	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 4 + 4}{3} = 2.67$
Fermate	1	Efficacia delle ispezioni	4
Tassi di guasto	1	Rivestimenti e protezioni	1.5
Meccanismi di deterioramento	2		
$Penalità = \frac{-(1 + 1 + 1 + 2)}{4} = -1.25$		$Compensazione = \frac{2.67 + 4 + 1.5}{3} = 2.72$	
$Indice\ compensato = 2.72 - 1.25 = \mathbf{1.47}$			

Tabella 7.6: Indice compensato valutato su OL-out

OLEODOTTO OL-out			
<u>Fattori acceleranti</u>	Penalità	<u>Fattori frenanti</u>	Compensazioni
Età	2	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 4 + 4}{3} = 2.67$
Fermate	4	Efficacia delle ispezioni	4
Tassi di guasto	1	Rivestimenti e protezioni	1.5
Meccanismi di deterioramento	2		
$Penalità = \frac{-(2 + 4 + 1 + 2)}{4} = -2.25$		$Compensazione = \frac{2.67 + 4 + 1.5}{3} = 2.72$	
$Indice\ compensato = 2.72 - 2.25 = \mathbf{0.47}$			

In fine per il calcolo dell'Indice sulle linee L-TK1 e L-TK2, si ripresenta l'assenza di dati relativi ai test di integrità e funzionalità a cui si associa arbitrariamente, in mancanza di informazioni, un punteggio nullo.

Tabella 7.7: Indice compensato valutato su L-TK1

LINEE INTRODIZINE/ESTRAZIONE L-TK1			
<u>Fattori acceleranti</u>	Penalità	<u>Fattori frenanti</u>	Compensazioni
Età	2	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 0 + 4}{3} = 1.33$
Fermate	1	Efficacia delle ispezioni	4
Tassi di guasto	1	Rivestimenti e protezioni	1.5
Meccanismi di deterioramento	2		
$Penalità = \frac{-(2 + 1 + 1 + 2)}{4} = -1.5$		$Compensazione = \frac{1.33 + 4 + 1.5}{3} = 2.28$	
$Indice\ compensato = 2.28 - 1.50 = \mathbf{0.78}$			

Tabella 7.8: Indice compensato valutato su L-TK2

LINEE INTRODUCINE/ESTRAZIONE L-TK2			
<u>Fattori acceleranti</u>	Penalità	<u>Fattori frenanti</u>	Compensazioni
Età	2	Pianificazione e risultati delle ispezioni	$\frac{0 + 0 + 4}{3} = 1.33$
Fermate	1	Efficacia delle ispezioni	4
Tassi di guasto	1	Rivestimenti e protezioni	1.5
Meccanismi di deterioramento	2		
$Penalità = \frac{-(2 + 1 + 1 + 2)}{4} = -1.5$		$Compensazione = \frac{1.33 + 4 + 1.5}{3} = 2.28$	
$Indice\ compensato = 2.28 - 1.50 = \mathbf{0.78}$			

Attraverso questo tipo di valutazione si mettono in luce le criticità specifiche delle apparecchiature allo scopo di proporre interventi mirati come manutenzioni e/o ispezioni più frequenti su quelle apparecchiature che risultano aver e un indice compensato di poco superiore a zero.

Complessivamente il sistema di gestione dell'invecchiamento risulta positivo ma sicuramente migliorabile soprattutto per quanto riguarda i tratti di oleodotto uscenti dallo stabilimento e le linee di introduzione/estrazione di entrambi i serbatoi.

Un'azione utile sicuramente atta a migliorare l'indice compensato di ciascuna apparecchiature e di conseguenza quello globale sarebbe quello di inserire nel piano di gestione una maggiore quantità di test funzionali e di integrità di cui non si hanno informazioni.

Un altro aspetto, ma decisamente non meno importante, riguarda il periodo di osservazione richiesto per effettuare la valutazione.

Il metodo descritto vede come primo passo quello l'individuazione all'interno di uno stabilimento, o di un impianto, di tutte le apparecchiature critiche di contenimento primario di carattere statico senza alcuna indicazione su un tempo minimo di operatività di queste.

Allora, il problema sorge nel momento in cui si considerino apparecchiature con meno di 10 anni di vita, in quanto nel modulo "Tassi di guasto", facente parte dei fattori acceleranti, sono richiesti periodi di osservazione minimi di 10 anni, comportando quindi l'esclusione dal calcolo di tutte quelle apparecchiature critiche con alle spalle meno anni di operatività.

Il problema non sussiste per tutti i fattori perché in molti casi, tra cui ad esempio quello della determinazione del fattore relativo agli incidenti (modulo 4 dei fattori acceleranti), viene richiesto di considerare gli eventi accaduti negli ultimi 10 anni e ciò porta a poter considerare eventuali incidenti che hanno riguardato le apparecchiature critiche più giovani.

Decidere di non considerare nel calcolo le apparecchiature, seppur critiche, con meno di 10 anni può essere una soluzione che potrebbe portare ad un valore di indice compensato falsato, si consideri ad esempio il caso in cui si sia verificato un guasto per un'apparecchiatura con età inferiore ai 10 anni che, in base a quanto detto, non potrebbe essere inserito nel calcolo.

Inoltre, si tenga presente che nell'applicazione del metodo allo stabilimento, si potrebbero avere dati relativi ad uno storico di meno di 10 anni che comunque rientrerebbero nel calcolo senza note aggiuntive rispetto alla caratteristica decennale non soddisfatta.

Infine, oltre alla mancata descrizione su come agire in mancanza di dati, all'interno delle Linea Guida risulta completamente assente una descrizione sui criteri che si dovrebbero applicare per far assumere ad un modulo un peso diverso rispetto agli altri.

La mancanza di tale considerazione potrebbe portare a rendere un metodo che si pone come mezzo di un'analisi oggettiva a divenire fortemente influenzato dalla soggettività dell'analista, cosa sicuramente da evitare data la caratteristica fondamentale di riproducibilità del metodo.

Una caratteristica che non viene assolutamente considerata è la magnitudo del danno che un'apparecchiatura critica, soggetta a processi di invecchiamento può provocare.

Questa potrebbe essere una voce aggiuntiva nel calcolo dell'indice compensato o un criterio sul quale basare l'applicazione dei pesi non tanto ai moduli quanto alle diverse apparecchiature critiche rientranti nella valutazione.

Essendo questa metodologia parte di un'analisi di rischio RBI, forse si dovrebbe poter implementare la caratteristica di magnitudo del danno per considerare anche il rischio legato ad ogni apparecchiatura.

Si tenga presente, infatti, che per quanto tutte le apparecchiature rientranti nella valutazione risultino critiche, ad ognuna di esse è connessa, nel Rapporto di Sicurezza, un'analisi delle conseguenze per gli eventi incidentali valutati.

Il metodo qui descritto, applicato e commentato è, ad oggi, l'unico a livello nazionale che si propone come mezzo per la valutazione della gestione dell'invecchiamento negli impianti Seveso.

Risulta sicuramente essere un metodo intuitivo, di compilazione semplice seppur non banale e abbastanza veloce ma, non ostante ciò, presenta alcune criticità e punti non completamente chiari come quelli descritti fino ad ora che rendono la caratteristica di soggettività del metodo forse troppo preponderante per quella che si propone essere una Linea Guida che, in quanto tale, deve avere tra le sue caratteristiche principi quella della riproducibilità.

Si noti infatti come il calcolo dell'indice sia stato effettuato associando un punteggio nullo ogni qual volta ci si sia trovati in mancanza di dati nonostante l'associazione di punteggi pari a 0 non sia descritta all'interno della linea guida.

In conseguenza di ciò un secondo valutatore potrebbe non concordare con tale decisione e associare, laddove ci si presenti in mancanza di dati, un punteggio minimo tra quelli previsti dalla Linea Guida (1 per le compensazioni e 4 per le penalità) per non distaccarsi in modo netto dal metodo.

Ciò porta, come detto, a valutazioni soggettive e attaccabili.

Un'altra caratteristica legata alla soggettività del metodo riguarda l'interpretazione del risultato finale in quanto, è vero che se maggiore di zero è l'indice di una gestione positiva dell'invecchiamento, ma non sono inserite considerazioni relative a possibili range di

risultati in cui, nonostante la positività dell'indice sarebbe bene agire per migliorare alcuni aspetti legati a tale tematica.

Va de sé, allora, che le considerazioni cardine riguardanti il risultato ottenuto sono nelle mani del valutatore.

8. Conclusioni

Ogni apparecchiatura è soggetta al fenomeno di aging non solo in funzione degli anni di operatività ma anche in conseguenza dei danneggiamenti e dei guasti subiti, delle fermate impreviste e di tutti quegli eventi che ne hanno causato stress tali da poterne ridurre le prestazioni.

Più un'apparecchiatura è soggetta ad invecchiamento, maggiore sarà la probabilità che questa si guasti e, considerando gli anni di vita degli stabilimenti italiani ed europei, ne va da sé che tale fenomeno risulta essere molto attuale e di estrema importanza.

L'invecchiamento delle apparecchiature e in generale degli stabilimenti di cui esse fanno parte, è una problematica importante che deve essere affrontata nell'ottica della riduzione del rischio di incidente rilevante negli stabilimenti Seveso.

Tale fenomeno risulta essere inevitabile ma può essere gestito attraverso una metodologia RBI volta alla realizzazione di programmi di ispezione che tengono conto della storia dell'apparecchiatura variando così la frequenza dei controlli sulla base degli eventi subiti e delle condizioni in cui essa si trova a fronte dell'ultima verifica effettuata.

Nell'ottica della raccomandazione di misure aggiuntive quali manutenzioni, ispezioni, test di integrità e di funzionalità una metodologia che si propone come mezzo di valutazione della gestione dell'invecchiamento negli impianti Seveso è quella descritta all'interno della Linea Guida "*Valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli stabilimento Seveso*".

Scopo di tale metodo è quello di ottenere un indice finale di quantificazione della gestione dell'invecchiamento risultante dalla differenza delle medie relative a fattori frenanti e acceleranti l'invecchiamento.

Il risultato in questione potrà assumere valori sia positivi che negativi e tanto più sarà maggiore di zero tanto più positiva risulterà la gestione a livello di stabilimento dell'invecchiamento delle apparecchiature.

Il metodo è stato applicato ad uno stabilimento di soglia superiore contenente jet-fuel e in particolare sono state considerate le apparecchiature critiche facenti parte della sezione di stoccaggio e movimentazione del fluido in quanto uniche a presentare apparecchiature critiche di contenimento statico (2 serbatoi e 4 differenti linee di tubazioni) che, per il momento, risultano essere le uniche cui il procedimento è applicabile.

Durante l'analisi ci si è resi conto che alcune delle caratteristiche considerate punti di forza del metodo sono venute meno tra cui:

- *Chirezza della valutazione*: in quanto è vero che il valore finale risulta univocamente determinato e il suo discostamento da zero ne indica la positività di gestione ma, d'altro canto non risulta chiaro quanto l'indice ottenuto dovrebbe essere maggiore di zero per poter dire che, per il momento, non si necessiti di misure integrative aggiuntive come manutenzioni, ispezioni o test fissati ad una frequenza più ravvicinata.
- *Uniformità*: tale caratteristica viene meno nel momento in cui non si hanno a disposizione tutti i dati necessari alla valutazione. In questo modo, come adottato nel modulo 3 "Pianificazione e risultati delle ispezioni" facente parte dei fattori

frenanti, rientra la soggettività dell'analista. Non è infatti prevista la situazione in cui possano venir meno dei dati necessari alla quantificazione di un punteggio sia esso penalizzante o compensativo di conseguenza, la scelta fatta è stata quella di considerare un punteggio parziale nullo ove vi fossero dati mancanti ma, una seconda persona avrebbe potuto decidere di non discostarsi da quanto descritto associando un punteggio minimo tra quelli ammessi. Un'altra caratteristica che porta con sé una forte incidenza soggettiva è l'applicazione di pesi differenti ai diversi moduli, anche questa non risulta commentata e caratterizzata da un criterio tale da rendere univoca la decisione di applicazione delle priorità ai punteggi ottenuti. Con tali considerazioni è chiaro che la caratteristica di ripetibilità del metodo arriva a vacillare.

Altro aspetto, non del tutto chiaro, riguarda il periodo di osservazione considerato all'interno della valutazione. Questo è dovuto al fatto che in alcuni punti viene richiesto un periodo di osservazione *minimo* di 10 anni, ne è un esempio il modulo 3 "Tassi di guasto" dei fattori acceleranti, ma allo stesso tempo non viene indicato alcun vincolo relativo all'età di attività delle apparecchiature critiche considerate. Tale discrepanza potrebbe mettere in luce una problematica nel momento in cui rientrassero nella valutazione apparecchiature con anni di attività inferiori a 10 che di conseguenza non avrebbero uno storico di dati relativi al loro utilizzo pari agli anni richiesti.

Al fine di ottenere risultati più chiari ed evidenti dello stato di invecchiamento relativo alle apparecchiature considerate si è deciso di stressare il metodo andando a valutare gli indici di compensazione distinguendo l'analisi per categoria: una relativa ai serbatoi e l'altra alle tubazioni e un'altra valutando le singole apparecchiature utilizzando i soli punteggi associabili ad esse e omettendo tutte quelle penalità e compensazioni dovute alla gestione dello stabilimento nel suo complesso.

Si è ritenuto che, un'analisi di questo tipo potesse essere più utile e andasse più nel dettaglio al fine di poter fornire al gestore indicazioni più mirate rispetto alle eventuali migliorie da apportare.

Un'ultima considerazione fatta in merito a tale metodologia è la completa assenza di un fattore che tenga conto della magnitudo del danno di un eventuale incidente provocato dal malfunzionamento di un'apparecchiatura critica oggetto di analisi.

Infatti, se il fenomeno di aging è spesso causa di guasti e/o incidenti più o meno gravi, probabilmente si dovrebbe dare maggior peso a quelle apparecchiature le cui analisi delle conseguenze all'interno del Rapporto di Sicurezza risultano avere un maggiore impatto sulla sicurezza.

Questo elaborato vuole essere uno spunto per migliorare quanto già definito dalla Linea Guida per raggiungere la costituzione di una metodologia chiara e oggettiva che riesca comprendere una descrizione per tutte le casistiche possibili di determinazione dei punteggi penalizzanti e compensativi al fine di ottenere un risultato chiaro e univoco per la riduzione del rischio dovuto all'invecchiamento.

9. Bibliografia

- Alberto di Lullo, I. C. (2006). Questione di pigging. *La chimica e l'industria*, 14-17.
- ASNT. (2017). https://www.asnt.org/MajorSiteSections/NDT-Resource-Center/Codes_and_Standards/ASNT_Standards.aspx.
- Bragatto, P. (17 maggio 2012). Risk based, opportunità o problema? *II Convegno - La scienza e la tecnica rendono sicuro il lavoro*. Genova.
- Certifico s.r.l. (2018). <https://www.certifico.com/normazione/234-documenti-riservati-normazione/4631-en-iso-9712-qualificazione-e-certificazione-personale-addetto-prove-mpd>.
- Certifico s.r.l. (2019, gennaio 21). <https://www.certifico.com/id/6261>.
- Decreto Legislativo n.105. (2005, Giugno 26). *Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose*. Gazzetta Ufficiale.
- Dr J V Haswell, R. A. (2015). *UKOPA Pipeline Product Loss Incidents and Faults Report (1962-2014)*. Ambergate: UKOPA.
- EEMUA, T. E. (2011). *Prevention of tank bottom leakage* (2 ed.). London: EEMUA.
- INAIL. (Aprile 2018). *Valutazione sintetica dell'adeguatezza del programma di gestione dell'invecchiamento delle attrezzature negli stabilimenti seveso*.
- Lees, F. P. (1996). *Loss Prevention in The Process Industries* (2 ed ed., Vol. 3). Great Britain: Butterworth-Heinemann.
- M.F. Milazzo, S. A. (2018). Monitoraggio e gestione dei meccanismi di deterioramento di attrezzature in pressione attraverso un approccio ontologico. *Sicurezza e affidabilità delle attrezzature a pressione*, (p. 625-634). Bologna.
- Milazzo, M. F. (2018, Aprile 12). La metodologia di verifica dell'invecchiamento degli impianti Seveso. *Invecchiamento degli impianti: rischi e soluzioni possibili*. Ravenna.
- Montagnari, M. (2007). Quali criteri per una corretta valutazione del rischio. *ICP sicurezza*, 28-30.
- Paolo Bragatto, C. D. (2017). Audit of Aging Management in Plants at Major Accident Hazard. *International Conference on System Reliability and Safety*, (p. 400-404).
- Santucci, A. (23 marzo 2018). *L'invecchiamento degli impianti ed il pericolo di incidente rilevanti nel contesto internazionale*. Roma: Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.
- Silvia M. Ansaldi, A. P. (2018). How Inspections Outcomes May Improve the Foresight of Operators and Regulators in Seveso Industries. *Chemical Engineering Transactions*, 367-372.
- Sini, F. (2017). Invecchiamento strutture ed Attrezzature impianti. *Invecchiamento e rischi negli impianti Seveso* (p. 1-19). ICARO.

Tuarasi, F. (2012). Applicazione di una metodologia statistica per l'analisi di rischio di apparecchi e tubazioni a pressione. *Sicurezza ed affidabilità delle attrezzature in pressione*, (p. 1-9). Napoli.

10. Indice delle Figure

Figura 2.1: Curva Bath-tube	5
Figura 3.1: Curve di rischio	10
Figura 3.2: Vantaggi della metodologia RBI (Certifico s.r.l, 2019)	12
Figura 3.3: Fasi per l'applicazione dell'RBI.....	13
Figura 4.1: Struttura fish-bone e presentazione dei moduli acceleranti e frenanti l'invecchiamento.....	17
Figura 4.2: Esempio dei passaggi di calcolo per il modulo “Tempo di servizio/età” valutato a livello di apparecchiatura	19
Figura 4.3: Esempio dei passaggi di calcolo per il modulo “Incidenti e quasi incidenti” valutato a livello di stabilimento	20
Figura 4.4: Esempio di calcolo del modulo "Risultato visite ispettive e Audit" per la presenza di più rapporti di tipo Q.....	20
Figura 5.1: Eventi che hanno interessato il jet-fuel	33
Figura 1: Matrice di rischio.....	ii

11. Indice delle Tabelle

Tabella 2.1: Distribuzione esponenziale vs Distribuzione di Weibull	5
Tabella 4.1: Distinzione dei moduli a livello di apparecchiatura e di stabilimento	18
Tabella 4.2: Discretizzazione di F nel modulo 1 per ogni apparecchiatura	21
Tabella 4.3: Discretizzazione di F nel modulo 2 per ogni apparecchiatura	21
Tabella 4.4: Discretizzazione di Q per punteggio complessivo del modulo 3	22
Tabella 4.5: Discretizzazione di Q per punteggio complessivo del modulo 4	22
Tabella 4.6: Discretizzazione di Q per punteggio complessivo del modulo 5	23
Tabella 4.7: Punteggi relativi alla caratteristica di rilevabilità	23
Tabella 4.8: Punteggi relativi alla caratteristica di velocità	24
Tabella 4.9: Punteggi relativi alle conseguenze	24
Tabella 4.10: Punteggio per ogni meccanismo di deterioramento	25
Tabella 4.11: Punteggio associato al tipo di sistema di gestione	26
Tabella 4.12: Punteggi parziali del modulo 2 derivante dalla discretizzazione di Q1 e Q2	27
Tabella 4.13: Punteggi parziali del modulo 3 derivanti dalla discretizzazione di Q1, Q2 e Q3	27
Tabella 4.14: Punteggio relativo all'efficacia delle ispezioni	28
Tabella 4.15: Punteggio relativo alla qualifica degli ispettori	28
Tabella 4.16: Compensazione derivante dal tipo di controllo di processo	29
Tabella 4.17: Intervalli di ispezione del rivestimento dell'apparecchiatura	29
Tabella 4.18: Punteggi parziali relativi al rivestimento dell'apparecchiatura	30
Tabella 4.19: Metodo di calcolo delle Penalità per M apparecchiature	30
Tabella 4.20: Metodo di calcolo delle Compensazioni per M apparecchiature	31
Tabella 5.1: Caratteristiche chimico-fisiche del jet-fuel	32
Tabella 6.1: Calcolo della Penalità del modulo "Tempo di servizio/età"	36
Tabella 6.2: Calcolo della Penalità del modulo "Fermate"	37
Tabella 6.3: Cause della perdita significativa da tubazione	38
Tabella 6.4: Calcolo della Penalità del modulo "Tassi di guasto"	40
Tabella 6.5: Calcolo della Penalità per il modulo "Incidenti e quasi incidenti"	40
Tabella 6.6: Calcolo della Penalità per il modulo "Danneggiamenti"	41
Tabella 6.7: Calcolo della Penalità per il modulo "Meccanismi di deterioramento"	41
Tabella 6.8: Calcolo della Penalità complessiva	42

Tabella 6.9: Calcolo della Compensazione per il modulo "Sistema di gestione integrità"	43
Tabella 6.10: Calcolo della Compensazione per il modulo "Risultati delle visite ispettive e degli Audit SGS-PIR"	43
Tabella 6.11: Compensazione parziale per test funzionali	44
Tabella 6.12: Compensazione parziale per test di integrità	44
Tabella 6.13: Compensazione parziale per programmazione delle visite ispettive	45
Tabella 6.14: Calcolo della Compensazione per il modulo "Efficacia delle ispezioni"	46
Tabella 6.15: Calcolo della Compensazione per il modulo "Controllo di processo"	47
Tabella 6.16: Calcolo della Compensazione per il modulo "Rivestimenti e protezioni specifiche"	47
Tabella 6.17: Calcolo della Compensazione complessiva	48
Tabella 6.18: Calcolo dell'Indice Compensato	49
Tabella 7.1: Calcolo dell'Indice Compensato per i Serbatoi	52
Tabella 7.2: Calcolo dell'Indice Compensato per le Tubazioni	52
Tabella 7.3: Indice compensato valutato su TK1	54
Tabella 7.4: Indice compensato valutato su TK2	54
Tabella 7.5: Indice compensato valutato su OL-in	55
Tabella 7.6: Indice compensato valutato su OL-out	56
Tabella 7.7: Indice compensato valutato su L-TK1	56
Tabella 7.8: Indice compensato valutato su L-TK2	57
Tabella 1: Caratterizzazione della Probabilità nella matrice di rischio	i
Tabella 2: Caratterizzazione della Probabilità nella matrice di rischio	i

APPENDICE A

La matrice di rischio è un mezzo utilizzato per la valutazione del rischio la cui compilazione risente molto della soggettività dell'analista.

Risulta essere un metodo molto utilizzato ancora oggi seppur decisamente "arcaico" rispetto ai mezzi fruibili come softwares.

Il metodo di analisi del rischio basato su tale matrice si rifà alla definizione di rischio come prodotto tra probabilità che un certo evento incidentale ha di accadere e danno valutato in base alle conseguenze che l'evento può provocare.

$$R = P \times D$$

Entrambi i fattori sono espressi in una scala da 1 a 4, ad ogni valore di probabilità e di danno sono associati la relativa definizione e interpretazione.

Tabella 1: Caratterizzazione della Probabilità nella matrice di rischio

PROBABILITÀ	DEFINIZIONE	INTERPRETAZIONE
1	Improbabile	<ul style="list-style-type: none">▪ Il suo verificarsi richiederebbe la concomitanza di eventi poco probabili;▪ Non si sono mai verificati eventi analoghi.
2	Poco probabile	<ul style="list-style-type: none">▪ Il suo verificarsi richiederebbe circostanze non comuni;▪ Si sono verificati poco eventi analoghi.
3	Probabile	<ul style="list-style-type: none">▪ Si sono verificati eventi analoghi;
4	Molto probabile	<ul style="list-style-type: none">▪ Si sono verificati fatti analoghi;▪ Sono eventi di cui ci si aspetta l'accadimento

Tabella 2: Caratterizzazione della Probabilità nella matrice di rischio

DANNO	DEFINIZIONE	INTERPRETAZIONE
1	Lieve	<ul style="list-style-type: none">▪ Danno lieve
2	Medio	<ul style="list-style-type: none">▪ Incidente che non provoca ferite e/o malattie;▪ Ferite/malattie di modesta entità (abrasioni, piccoli tagli)
3	Grave	<ul style="list-style-type: none">▪ Ferite/malattie gravi (fratture, amputazioni, debilitazioni gravi).
4	Molto grave	<ul style="list-style-type: none">▪ Incidente/malattia mortale;▪ Incidente mortale multiplo.

Allora, per caratterizzare il rischio basterà incrociare all'interno della matrice il valore associato alla probabilità con quello associato al danno.

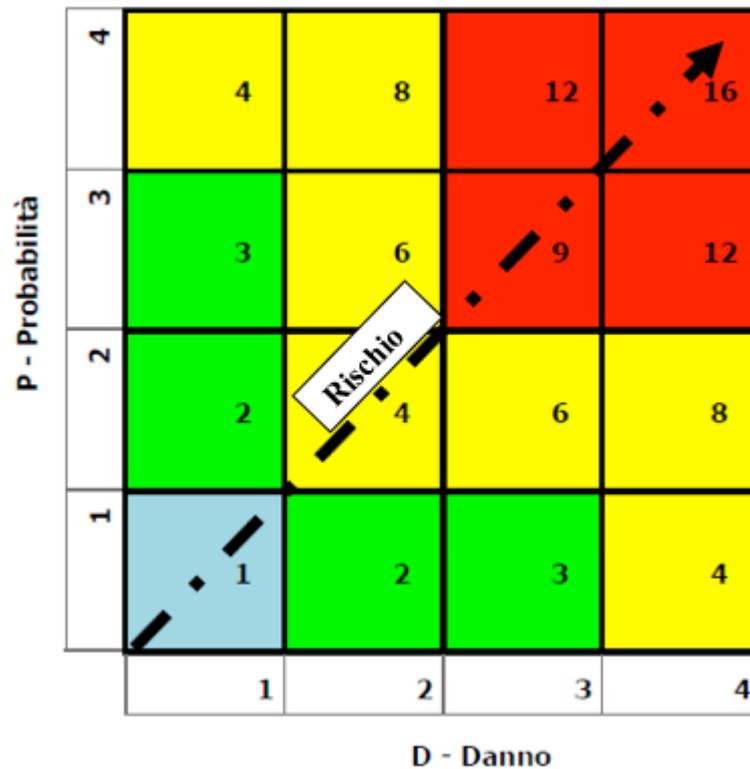


Figura 1: Matrice di rischio

Il risultato ottenuto permette di quantificare il rischio residuo, più il risultato sarà elevato maggiore sarà l'importanza e l'urgenza degli interventi necessari per diminuirlo.

A questo proposito è possibile definire un ordine di priorità crescente da 1 a 4 in relazione al valore di rischio (R) ottenuto.

- Priorità 1, $R > 8$: Prevede la messa in atto di interventi immediati. Indica una condizione di rischio grave ed imminente per i lavoratori. Questo tipo di non conformità oltre a presentare i presupposti per l'accadimento di un evento incidentale sono caratterizzate dalla possibilità di sanzionamento a carattere detentivo o pecuniario del gestore dell'impianto;
- Priorità 2, $4 \leq R \leq 8$: Indica la necessità di programmare urgentemente azioni di tipo correttivo. Definisce la presenza di una situazione di rischio grave ma non imminente che se si verificasse potrebbe causare danni gravi. In tale circostanza sono richiesti interventi a medio termine, solitamente entro il mese;
- Priorità 3, $2 \leq R \leq 3$: Caratterizza la presenza di non conformità tecniche/documentali derivante dal cambiamento della normativa tecnica di riferimento. Non implica l'insorgere di particolari condizioni di rischio e per tale ragione le azioni migliorative possono essere compiute entro i 3 mesi;
- Priorità 4, $R = 1$: Corrisponde alla messa in atto di azioni migliorative non dovute alla presenza di non conformità specifiche, ma atte alla prevenzione e ottimizzazione dello stato di lavoro. Per tale ragione sono disposte azioni a lungo termine come un anno.

La matrice di rischio risulta essere un modulo consolidato di valutazione del rischio nonostante il carattere fortemente soggettivo che caratterizza questo tipo di analisi.

Presenta il limite di basarsi sull'esperienza diretta e sull'esperienza del valutatore portando così ad avere una valutazione fortemente influenzata e variabile al variare del valutatore e della storia dell'impianto valutato.

Essendo una valutazione rientrante nelle tecniche di tipo qualitativo di valutazione del rischio, è fondamentale conoscere bene la realtà aziendale oggetto di analisi e le capacità tecniche del valutatore di comprendere e prevedere possibili anomalie, situazioni di rischio e relativi danni.

APPENDICE B



Cherosene

Scheda di dati di sicurezza

Conforme Regolamento (CE) n. 453/2010

Data della revisione SDS: 01/10/2012 Sostituisce: 15/12/2010

Versione della SDS: 1.1

SEZIONE 1: Identificazione della sostanza o della miscela e della società/impresa

1.1. Identificatore del prodotto

REACH – tipo	: Sostanza
Denominazione commerciale	: Cherosene
Nome chimico	: Cherosene (petrolio) idrodesolfurato: Cherosene - non specificato
Nome IUPAC	: Cherosene (petrolio) idrodesolfurato: Cherosene - non specificato
Numero indice UE	: 649-423-00-8
Numero CE	: 265-184-9
Numero CAS	: 64742-81-0
REACH - numero di registrazione	: 01-2119462828-25-XXXX
Codice prodotto	: 00241
Formula	: UVCB
Gruppo di prodotti	: Prodotto commerciale

1.2. Usi pertinenti identificati della sostanza o miscela e usi sconsigliati

1.2.1. Usi pertinenti identificati

Destinato al grande pubblico

Categoria di uso principale : Uso industriale, Uso professionale, Uso consumatore

Specifica di uso professionale/industriale : Uso in sistemi chiusi
Uso non dispersivo
Uso ampio dispersivo

Uso della sostanza/ della miscela : Additivo per lubrificanti
Solvente
Solvente di pulizia
Diluyente
Carburanti/Combustibili
Fluidi funzionali
Fluido per lavorazione metalli
Lubrificante per lavorazione metalli
Settore agrochimico
Rivestimenti, diluenti
Agente legante e distaccante
Produzione di esplosivi

—
Non utilizzare il prodotto per scopi che non siano stati indicati dal produttore. In tal caso, l'utente potrebbe essere esposto a rischi imprevedibili.

Funzione o categoria d'uso : Materiale da costruzione ed additivi, Lubrificanti e additivi, Solventi, Sostanze chimiche di laboratorio, Agenti per la pulizia/lavaggio ed additivi, Carburanti / Combustibili, Agenti antistatici, Esplosivi, Additivi per combustibili, Fluidi e additivi idraulici

