



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

**Strategia Manutentiva nell'Implementazione del CMMS in Fase
di Progettazione**

**Maintenance Strategy through Advanced CMMS
Implementation**

Relatore: Chiar.mo

Prof. Ing. **Maurizio BEVILACQUA**

Correlatore:

Ing. **Antonio SPADACCINI**

Tesi di laurea di:

Alessandro GIACOMINI

Anno Accademico 2018/2019

Sommario

Introduzione.....	4
CAPITOLO 1 Gestione della Manutenzione.....	6
1.1 Definizione di Manutenzione e di Gestione della Manutenzione.....	7
1.2 Gestione della Manutenzione ed altre funzioni.....	10
1.3 Evoluzione della manutenzione - cenni storici.....	11
1.4 Evoluzione storica dei modelli manutentivi.....	13
1.5 La manutenzione a guasto o correttiva.....	15
1.6 La Manutenzione Preventiva Ciclica.....	16
1.7 La Manutenzione su Condizione e Predittiva.....	18
1.8 La manutenzione migliorativa.....	20
1.9 Costi di manutenzione.....	21
1.9.1 Costi di Manutenzione Straordinaria.....	22
1.9.2 Costi di Manutenzione Ordinaria.....	23
CAPITOLO 2 Gli Strumenti RAM.....	27
2.1 Introduzione ai concetti basilari.....	28
2.2 Reliability.....	28
2.3 Maintainability.....	35
2.4 Availability.....	37
CAPITOLO 3 Analisi RAM.....	40
3.1 Introduzione RAM Analysis.....	41
3.2 RAM Asset Register.....	41
3.3 Reliability Data Collection.....	42
3.4 Maintainability analysis.....	46
3.5 FMECA.....	50
3.6 Availability Analysis.....	54
3.7 Reliability Block Diagram modelling (MAROS DNV gl).....	55
3.7.1 Caratteristiche MAROS.....	58
CAPITOLO 4 CMMS - Computerized Maintenance Management System.....	60
4.1 Introduzione.....	61
4.2 Definizione.....	61
4.3 Moduli componenti del CMMS.....	64
CAPITOLO 5 CASO STUDIO - Composizione del CMMS sull'unità 460 - Aria Compressa.....	67
5.1 Introduzione.....	68

5.2 Obiettivo del progetto.....	70
5.3 Unit 460 – Compressed Air.....	72
5.4 Analisi CMMS	75
5.4.1 Asset Register	77
5.4.1.1 Functional Location	77
5.4.1.2 Equipment	81
5.4.1.3 BOM - Bill of Material.....	84
5.4.2 Maintenance Register	87
5.4.2.1 Task List	89
5.4.2.2 Standard Text	92
5.4.2.3 Maintenance Item	95
5.4.2.4 Cicli Round.....	96
5.4.2.5 Maintenance Plan	98
5.4.2.6 Measuring Points.....	100
5.4.3 Work Orders	103
Bibliografia e Sitografia	108
Ringraziamenti	110

Introduzione

La manutenzione è la scienza della salvaguardia, della conservazione e della gestione economica e sostenibile delle risorse e dei sistemi. In ambito industriale tale scienza ha lo scopo di contribuire al raggiungimento degli obiettivi di asset integrity, in particolare in termini di affidabilità, efficienza e continuità di funzionamento degli impianti di produzione (riduzione di down-time), garantendo la sicurezza di esercizio, la protezione ambientale, la qualità delle lavorazioni e l'efficienza di costo.

In questo contesto e in mercati dove la competitività diventa sempre più sfidante, la manutenzione ha assunto un ruolo sempre più strategico per il nostro operato e si è evoluta, passando da un ruolo essenzialmente di servizio ad un ruolo di investimento differito nel tempo e finalizzato al miglioramento continuo dei processi; questa evoluzione è volta a massimizzare i volumi di produzione, incentrandosi sull'affidabilità e ottimizzando la disponibilità degli impianti.

La manutenzione partecipa pertanto in modo cruciale al raggiungimento degli obiettivi aziendali in termini di efficacia, efficienza, profittabilità, sicurezza, qualità e protezione ambientale, risultando trasversale a tutte le funzioni aziendali. La stessa modalità di interfaccia con le altre aree aziendali è di conseguenza cambiata e ora le funzioni interessate dalle attività di manutenzione lavorano in maniera integrata, condividendo gli stessi obiettivi e prendendo congiuntamente alcune decisioni.

Lo studio e l'approfondimento scientifico sui temi della manutenzione in questi anni hanno subito un notevole e motivato incremento nonché un suscitato interesse da tutta la comunità scientifica.

Nel primo capitolo del presente elaborato verrà introdotto il concetto di manutenzione e della sua gestione in generale, considerando anche la relazione tra le attività manutentive e le altre funzioni aziendali; inoltre verrà descritta brevemente l'evoluzione storica della manutenzione a partire dall'antichità fino all'importante sviluppo che essa ha conosciuto a partire dal ventesimo secolo, approfondendo quelle che sono le diverse tipologie di strategia manutentiva nonché i relativi costi che gravano sul sistema aziendale.

Nel capitolo successivo si andranno a definire i concetti di base dell'attività manutentiva, quali affidabilità, disponibilità e manutenibilità analizzandone la definizione e l'impatto

sull'operatività aziendale; verrà successivamente descritta la procedura operativa per sviluppare l'Analisi RAM.

Il capitolo 4 è invece incentrato sull'integrazione delle attività manutentive all'interno del sistema informativo aziendale, tramite l'utilizzo di un apposito sistema applicativo detto CMMS (Computerized Maintenance Management System).

L'ultimo capitolo del presente elaborato si focalizza sul progetto oggetto di studio, il quale presenta dettagliatamente la procedura per una corretta composizione della modulistica tecnica relativa al CMMS dell'unità 460 dell'Aria Compressa dell'impianto di dell'impianto di trattamento di Gas Naturale situato a Port Said, in Egitto.

CAPITOLO 1

Gestione della Manutenzione

1.1 Definizione di Manutenzione e di Gestione della Manutenzione

La prima definizione formale di manutenzione fu data dall'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico, che, in una delibera speciale del 1963, la identifica come "funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento".

Nel corso dei decenni successivi, si è registrata una notevole evoluzione del settore, in particolare a livello teorico: già negli anni Settanta, la manutenzione è stata identificata in modo sempre più chiaro ed univoco come "scienza della conservazione" e parzialmente associata al concetto di terotecnologia, termine con cui si intende la "combinazione di direzione, finanza, ingegneria e altre discipline, applicate ai beni fisici per perseguire un economico costo del ciclo di vita ad esse relativo".

Tali progressi in campo teorico, che hanno conosciuto un'accelerazione non indifferente a partire dagli anni Ottanta, non hanno tuttavia influenzato in maniera significativa la definizione originaria di manutenzione.

Nella versione più recente della norma UNI EN 13306, datata l'8 febbraio 2018 il Comitato Europeo di Normazione ha definito la manutenzione come la "combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta". E' tuttavia utile osservare, in questa definizione, l'evoluzione che ha interessato il termine "entità", che viene qui utilizzato in modo generico per indicare il bene, macchina, apparecchiatura o impianto (di produzione o di servizio) che è oggetto dell'attività di manutenzione.

Come si può notare, col passare del tempo, accanto alla parte strettamente operativa, hanno assunto un ruolo sempre più rilevante gli aspetti amministrativi e gestionali del processo manutentivo, che si è concettualmente evoluto da attività prevalentemente manuale di riparazione a complesso sistema orientato alla prevenzione di guasti ed al miglioramento continuo. Si tratta di un passaggio che implica un considerevole mutamento culturale del management e del servizio di manutenzione in particolare.

Analizzando attentamente l'insieme delle attività manutentive che vengono effettuate, possiamo constatare che ciascuna di esse può essere classificata come appartenente ad una delle aree (Figura 1.1) che vengono identificate da due variabili:

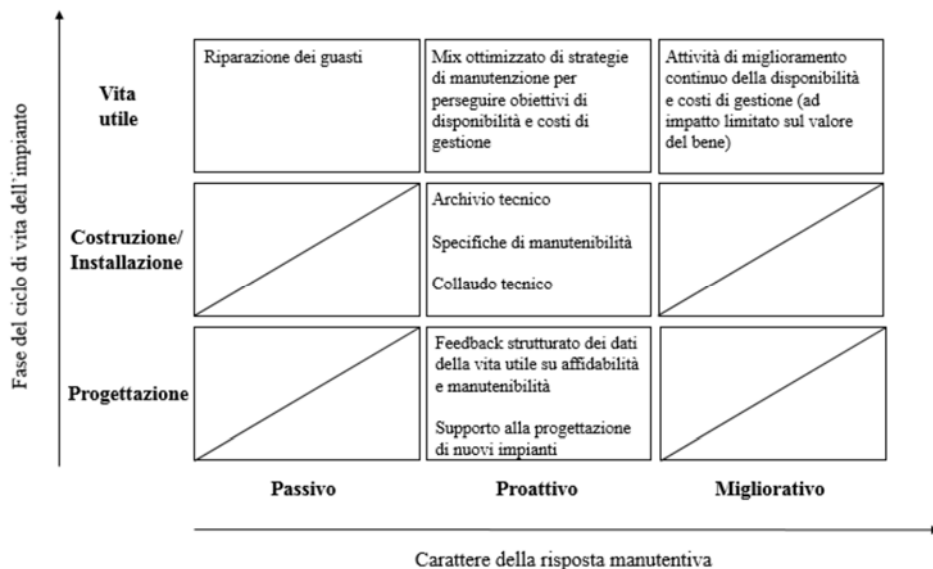


Figura 1.1 - Ruolo della Manutenzione in funzione della fase del ciclo di vita dell'asset

- la fase del ciclo di vita dell'entità o bene oggetto di manutenzione;
- il grado di "proattività" della risposta manutentiva.

Questa schematizzazione permette di formulare una definizione precisa della *mission* della manutenzione, il cui compito è di "cooperare lungo tutto il ciclo di vita di un'entità, dalla sua progettazione alla dismissione, con l'obiettivo di garantire la disponibilità operativa dell'entità stessa ed il contenimento dei costi associati alla manutenzione"

In particolare, con il termine Gestione della Manutenzione si intendono "tutte le attività di gestione che fissano gli obiettivi, le strategie e le responsabilità della manutenzione e che le attuano utilizzando strumenti quali la pianificazione, il controllo e la supervisione della

manutenzione e il miglioramento di attività di manutenzione e di aspetti economici” (ref: UNI EN 13306).

La manutenzione deve quindi rientrare in un iter progettuale che porti a definire gli approcci manutentivi – sia in termini di conservazione della condizione di un’entità sia in termini di un miglioramento dello stato e della potenzialità produttiva – più adeguati dal punto di vista tecnico ed organizzativo: la progettazione delle politiche di manutenzione significa perciò decidere in anticipo le modalità con cui le attività di manutenzione dovranno essere svolte sulle entità. Tale processo ha origine dalla capacità di rispondere ad una serie di questioni:

- qual è il comportamento a guasto di un’entità e qual’ è la forma di manutenzione più appropriata da adottare per controllarla, tenendo conto delle eventuali possibilità di ispezionare/monitorare il funzionamento dell’entità;
- qual è il confronto tra costo della manutenzione fatta a seguito del guasto e costo ottenibile con l’anticipo del guasto;
- quali sono i costi e benefici derivanti dall’introduzione di possibili miglioramenti del modus operandi della manutenzione.

1.2 Gestione della Manutenzione ed altre funzioni

All'interno del sistema aziendale è emersa la necessità di creare un'area del reparto manutentivo che si occupasse di regolare ed ottimizzare i rapporti tra la gestione delle attività manutentive e le altre funzioni aziendali poiché il ruolo della manutenzione ha avuto un'evoluzione esponenziale negli ultimi decenni.

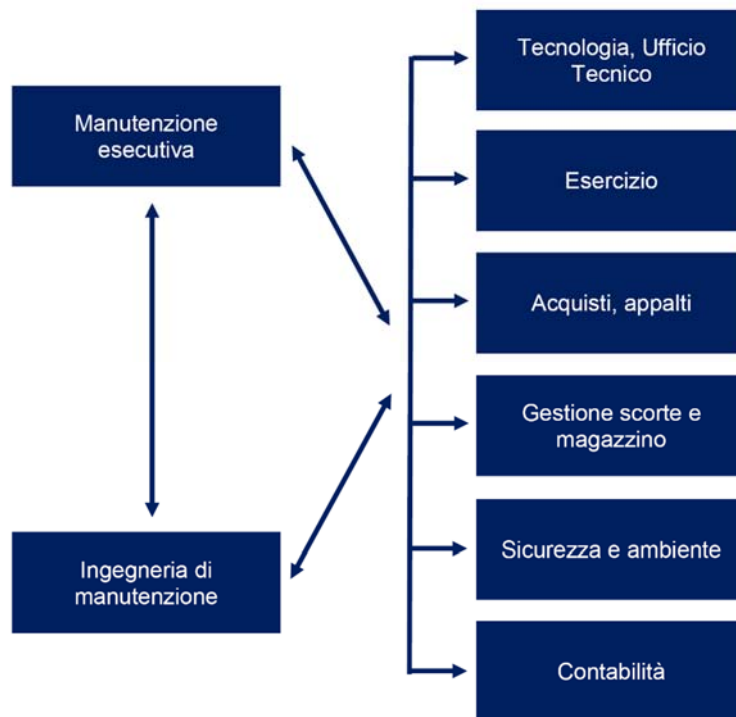


Figura0-1.2 - Flussi di informazioni e di attività della funzione di manutenzione

Il reparto di ingegneria della manutenzione ha pertanto assunto il compito di progettare, controllare e migliorare i processi manutentivi collaborando con tutte le altre componenti aziendali, come mostrato nella figura soprastante, al fine di cercare ed offrire sinergie che conducono alla soluzione ottimale di problemi comuni. Tale suddivisione deve svolgere in particolare le seguenti funzioni:

- studiare e ricercare soluzioni tecniche atte ad eliminare e ridurre i punti critici degli impianti in collaborazione con la funzione tecnologia e la funzione esercizio;

- collaborare con la funzione tecnologia e/o con l'ufficio tecnico per progettare la manutenzione di nuovi beni, impianti, macchine, strutture e attrezzature fornendo indicazioni atte a migliorare l'affidabilità, la manutenibilità e l'ispezionabilità intrinseca del bene;
- assicurarsi, insieme alla funzione tecnologia ed alla funzione acquisti, che per l'uso e la manutenzione di nuovi beni i fornitori mettano a disposizione istruzioni aggiornate e complete;
- attuare specifici studi che possano dare origine ad una manutenzione migliorativa o alla modifica delle politiche di intervento;
- coordinare l'attività dei gruppi di lavoro sull'analisi delle cause di guasto e delle loro criticità al fine di migliorare i piani di manutenzione preventiva;
- svolgere un'azione di controllo sull'andamento statistico dei guasti in modo da affinare le politiche di intervento manutentivo;
- supportare tecnicamente il magazzino per attuare una gestione delle scorte e degli approvvigionamenti (in termini di unificazione dei ricambi e definizione dei livelli di scorta) in accordo con le politiche stabilite;
- eseguire un'analisi degli scarti di materiali tecnici ed intervenire sui fornitori.

1.3 Evoluzione della manutenzione - cenni storici

Da sempre l'attività manutentiva è stata fortemente legata all'evoluzione storica della civiltà e delle tecniche di produzione che l'uomo ha sviluppato. Essa nasce infatti dall'esigenza – di natura economica – di recuperare parte del valore contenuto nell'oggetto senza necessariamente spingersi ad "aiutarlo a durare". Il moltiplicarsi di teorie, metodi ingegneristici e tecniche manutentive non ha modificato questo bisogno, ma solamente la prospettiva e l'approccio a tale problematica: se in origine si mirava ad un'economia puntuale e limitata al singolo episodio, con il passare del tempo divenne sempre più chiara la ricerca di

un'economia legata ai costi globali e all'intero ciclo di vita dell'oggetto, divenuto nel frattempo assai più complesso.

Un altro filone evolutivo della manutenzione riguarda l'attore principale del processo manutentivo: in passato, infatti, lo stesso utilizzatore dell'attrezzo o del mezzo di trasporto eseguiva l'intervento, finché la complessità delle attrezzature e la richiesta di una specifica abilità non hanno portato alla specializzazione di persone nell'eseguire interventi di riparazione e, più in generale, di manutenzione.

La grande svolta – nell'ambito della manutenzione ma non solo – avvenne grazie alla Rivoluzione Industriale: con essa nacquero e si svilupparono metodi di meccanizzazione e specializzazione del lavoro, che venne organizzato scientificamente secondo i criteri esposti da Frederick Winslow Taylor (1856-1915) e applicati in maniera rigida ed esaustiva nelle fabbriche di Henry Ford (1863-1947). Si abbandonò così l'idea che il prodotto di qualità fosse quello costruito dall'artigiano e, con questo, anche la relativa idea di manutenzione; l'obiettivo primario era infatti fare in modo che l'impianto producesse sempre al massimo delle sue capacità.

La specializzazione del lavoro portò alla nascita di nuove figure professionali, tra cui anche quella del manutentore, vista come necessità per conservare il buon funzionamento delle attrezzature: la conseguenza negativa di questi sviluppi fu una maggiore segmentazione organizzativa, che causò una scarsa visione sistemica e fu fonte di problemi di coordinamento fra le diverse specializzazioni ed in definitiva di forti inefficienze. Si deve però riconoscere che, con la produzione di massa, è nata la cultura della manutenzione e, in particolare, della previsione dei guasti.

Partendo da queste basi ideologiche e culturali, hanno avuto origine una serie di teorie che prendevano in analisi – e a volte consideravano centrale – il concetto di manutenzione. In particolare negli anni '50 si è sviluppato in Giappone un approccio basato sulla produzione snella, che in seguito alla crisi del petrolio degli anni '70 ha avuto una sempre crescente importanza. In una tale organizzazione, si elimina l'eccesso di specializzazioni e di livelli con forti riflessi sui ruoli manutentivi: da questi principi è nata la manutenzione produttiva (Total Productive Maintenance, TPM), cioè l'approccio lean alla manutenzione. Esso si basa su tre assunti fondamentali:

- l'integrazione fra le funzioni produzione e manutenzione nelle responsabilità di tipo operativo;
- la creazione della figura dell'operatore/conducente del processo, come esecutore dell'automanutenzione e "sensore intelligente" dell'andamento delle macchine o impianti di cui è conduttore;
- lo sviluppo dell'ingegneria di manutenzione, quale servizio trasversale alle responsabilità produttive (ove risiedono le responsabilità operative di manutenzione).

L'organizzazione snella della manutenzione è quindi basata su un modello incentrato su figure operative polivalenti, sull'abbattimento delle barriere tra produzione e manutenzione tipica della produzione di massa e su strutture ingegneristiche centrali che progettano, controllano e migliorano la manutenzione.

1.4 Evoluzione storica dei modelli manutentivi

Come l'approccio che il management aziendale ha avuto riguardo alla manutenzione, anche le tecniche manutentive sono profondamente cambiate, passando da attività prevalentemente operative e di riparazione del guasto ad un complesso sistema gestionale, orientato, più che altro, alla prevenzione del guasto.

Un aspetto da definire in maniera rigorosa, prima di presentare i diversi modelli manutentivi (anche detti "strategie manutentive"), è la distinzione tra *politica* e *strategia* di manutenzione: gerarchicamente, quest'ultime si presentano in un secondo momento, caratterizzando l'approccio operativo ai problemi della manutenzione, da sviluppare secondo i criteri forniti dalla politica manutentiva adottata. La politica manutentiva sta invece ad indicare l'atteggiamento complessivo che l'organizzazione assume nei confronti delle problematiche manutentive, che può poi esplicitarsi nell'utilizzo di diverse strategie.

Lo schema in Figura 1.3 fornisce un'idea delle relazioni gerarchiche che intercorrono tra i vari orientamenti. Dalla sua analisi si intuisce come l'attività manutentiva si sviluppa, già da tempo, in tre diverse direzioni, contemperando altrettante categorie di interventi:

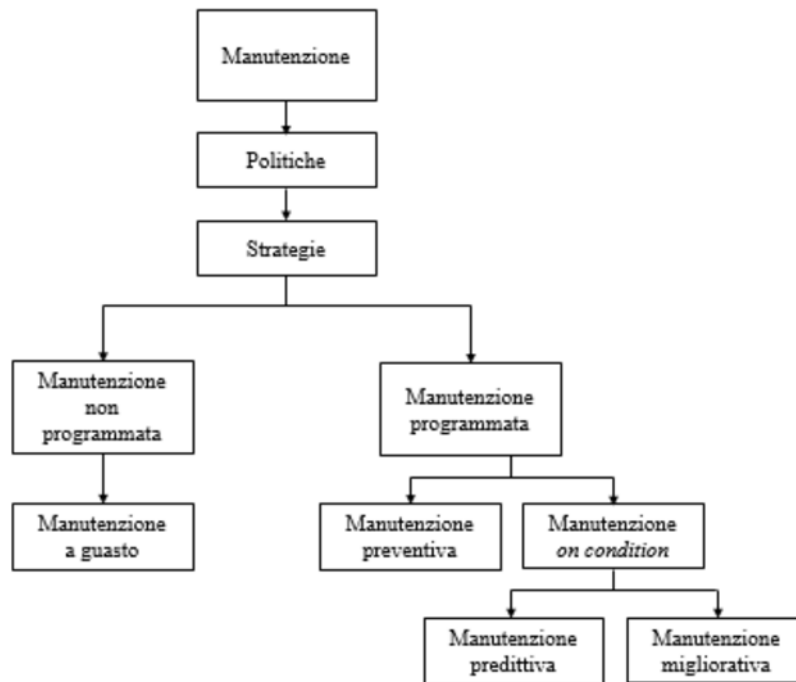


Figura 1.3 - Relazione gerarchica tra Politiche e Strategie di Manutenzione

- interventi che sono realizzati solo dopo che il guasto si è presentato (manutenzione non programmata);
- interventi che scaturiscono da un logico e predeterminato piano programmato (manutenzione programmata);
- interventi incentrati sul tentativo di dare luogo ad un processo di miglioramento continuo nella gestione di queste problematiche (manutenzione migliorativa), a partire dalle procedure operative fino alla ridefinizione progressiva delle situazioni critiche, basandosi sull'esperienza acquisita.

1.5 La manutenzione a guasto o correttiva

La manutenzione correttiva o “run-to-failure” è la modalità più semplice e antiquata: si interviene solo dopo la rilevazione del guasto. L’approccio di questa strategia è efficace per sistemi non critici e facili da riparare a basso costo, quando cioè è conveniente aspettare l’insorgere del guasto prima di intervenire, poiché la riduzione dei tempi di fermata e l’aumento della disponibilità, ottenibili con altre modalità di manutenzione, non sono tali da giustificare il maggior onere derivante dall’adozione di una strategia più sofisticata.

Si tratta dunque di individuare l’entità guasta e di prendere le misure atte a ristabilire la corretta funzionalità del sistema, ripristinando le condizioni iniziali di funzionamento nel minor tempo possibile.

Questo tipo di manutenzione richiede la presenza di alcuni prerequisiti organizzativi per assicurare la tempestività della risposta:

- Il personale manutentivo deve essere in grado rispondere in modo adeguato ed efficace alle esigenze, in termini di capacità tecniche di riparazione (conoscenze multidisciplinari) e di tempo di esecuzione;
- La disponibilità a magazzino di ricambi e attrezzature deve essere garantita.

Inoltre alcuni degli aspetti discutibili associati a questa strategia sono i seguenti:

- un guasto grave ed inaspettato su un componente può avere conseguenze deleterie su altri elementi del sistema, compromettendone la funzionalità con un aggravio consistente dei costi;
- i fermi macchina si presentano in maniera casuale e a volte nel momento meno opportuno;
- riparazioni non programmate comportano spesso tempi lunghi di ripristino, ostacolando la produzione e tenendo occupato poco proficuamente il personale tecnico.

1.6 La Manutenzione Preventiva Ciclica

Questa strategia di manutenzione prevede la sostituzione programmata di un dato componente non ancora giunto a rottura per prevenirne il cedimento accidentale, privilegiando così l'affidabilità del sistema rispetto allo sfruttamento di tutta la vita utile del componente.

È la manutenzione “eseguita in base a intervalli di tempo o cicli di utilizzo prefissati, senza una precedente indagine sulle condizioni dell'entità, volta a ridurre la probabilità di guasto o il degrado di funzionamento dell'entità stessa”.

Nel tempo a calendario dell'entità vengono riportati sia gli interventi ciclici che quelli correttivi a guasto, poiché questi ultimi non potranno essere totalmente annullati. La manutenzione preventiva ciclica può essere gestita secondo due procedure:

- **Ciclica a Data Costante**

Viene adottato un intervallo di tempo fisso per gli interventi preventivi, indipendentemente da ciò che succede tra un periodo e l'altro.

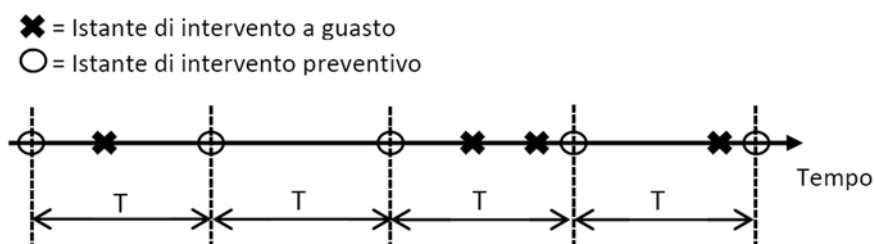


Figura 1.4 - Rappresentazione temporale Manutenzione Ciclica a Data Costante

- **Ciclica a Età Costante**

Il componente viene sostituito quando raggiunge una determinata età di servizio dall'ultimo intervento preventivo o correttivo eseguito.

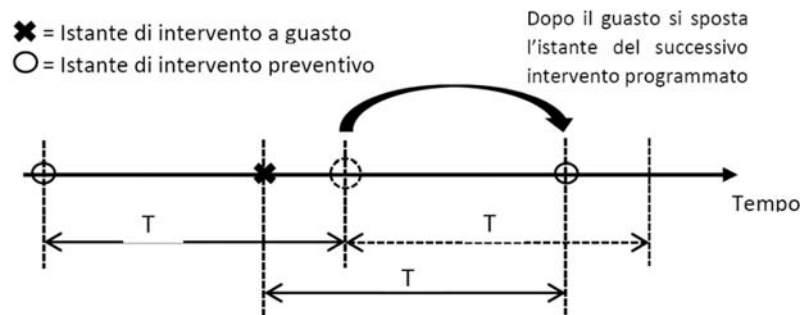


Figura 1.5 - Rappresentazione temporale Manutenzione Ciclica a Età Costante

I tipici interventi di manutenzione preventiva ciclica sono quelli che riguardano:

- Lubrificazione, pulizia, regolazione, cambio olio, ecc. su sottosistemi di entità che operano correttamente.
- Sostituzione di componenti soggetti ad usura per invecchiamento per cui si progetta una sostituzione ciclica anticipata.

Per garantire un'adeguata progettazione e gestione di questa tipologia di strategia è necessario che la funzione manutentiva e quella d'esercizio concordino un programma di attività preventive nel rispetto dei vincoli di capacità di servizio e di controllo manutentivo; inoltre sono necessarie alcuni prerequisiti organizzativi.

Di fondamentale importanza è la definizione anticipata degli intervalli tra gli interventi, decisione presa in base alla conoscenza statistica del comportamento a guasto dell'entità o sulla base dell'esperienza del personale responsabile della manutenzione. Non meno rilevante è l'uso di un sistema informativo a supporto della programmazione e gestione delle attività per poter calendarizzare e monitorare efficacemente l'andamento degli interventi ed il comportamento delle entità. Infine sono indispensabili una gestione dei ricambi coordinata con i piani di manutenzione, per provvedere all'approvvigionamento dei materiali richiesti, e l'addestramento del personale manutentivo, per i quali sono richieste oltre alle competenze

tecniche, anche la capacità di gestire le proprie attività coordinandosi con altre funzioni (magazzino, operatori).

Nella tabella sottostante vengono elencati alcuni aspetti vantaggiosi e svantaggiosi della manutenzione preventiva ciclica.

Tabella 1.1 - Vantaggi e Svantaggi della Manutenzione Preventiva Ciclica

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none">• Limitazione dei costi dovuti a perdite di funzionalità causate da guasti accidentali• Ottimizzazione delle scorte di materiali coordinando piani di intervento con piani di approvvigionamento• Riduzione tempi di fermo impianto rispetto alla manutenzione correttiva	<ul style="list-style-type: none">• Rischio intrinseco di aumentare la probabilità di guasto dovuto a interventi non totalmente corretti o di materiali difettosi (mortalità infantile)• Aumento dei costi propri di manutenzione a causa di interventi manutentivi non necessari (eccessiva sostituzione di componenti)

1.7 La Manutenzione su Condizione e Predittiva

La manutenzione su condizione è l'attività manutentiva preventiva "basata sul monitoraggio delle prestazioni dell'entità e/o dei parametri significativi per il suo funzionamento e sul controllo dei provvedimenti conseguentemente presi". È quindi una manutenzione eseguita a seguito del raggiungimento di un valore limite predeterminato di una misura indicativa dello stato di usura dell'entità.

Dalle attività preventive programmate, ci si è indirizzati verso una visione più moderna delle problematiche manutentive, che ha condotto all'utilizzo di tecniche non distruttive per testare i sistemi ed identificare con anticipo la presenza di guasti, al fine di poter programmare una revisione solo quando le condizioni della macchina ne determinano la necessità. Questo

approccio, definito come manutenzione predittiva, è un ulteriore sviluppo ed affinamento della manutenzione su condizione, e prevede la programmazione in tempo reale degli interventi in funzione delle condizioni della macchina e dei requisiti da rispettare, permettendo di evitare lunghi fermi macchina non previsti e contribuendo a migliorare l'affidabilità globale del sistema, per giunta ad un costo contenuto.

In genere, la considerazione che sta alla base dell'adozione di questo approccio è che un guasto non si verifica improvvisamente, ma nella gran parte dei casi (soprattutto per i sistemi meccanici, idraulici e pneumatici), costituisce solo il punto di arrivo di un deterioramento progressivo.

La manutenzione 'on condition' viene definita sulla base di parametri decisionali che consentono di capire quali siano le reali condizioni della macchina, attraverso l'esecuzione di misure, ispezioni e controllo che, in genere, non prevedono lo smontaggio dei componenti della stessa. Queste azioni, effettuate ad intervalli regolari definiti per ogni funzione, permettono di rilevare quando le prestazioni di un componente iniziano a degradare e, sulla base di queste informazioni, si può decidere se effettuare l'intervento prima che il guasto si verifichi.

Le tecniche che vengono utilizzate maggiormente sono le seguenti:

- monitoraggio visivo: alla ricerca di eventuali segnali come cricche, difetti e disallineamenti;
- monitoraggio della rispondenza alle specifiche: verifica che i parametri di esercizio di un macchinario (temperatura, pressione, velocità, ...) corrispondano ai valori previsti da progetto;
- monitoraggio delle vibrazioni e del rumore.

Questa strategia, che adopera l'andamento dei parametri monitorati per predire i guasti potenziali, è un processo diagnostico, che, fornendo indicazioni sullo stato di salute della macchina, consente di pianificare interventi di revisione, basandosi sulle effettive condizioni dei componenti piuttosto che sul tempo di funzionamento.

1.8 La manutenzione migliorativa

Il limite della manutenzione predittiva è che pretenderebbe di fornire all'operatore un segnale di allerta con un anticipo sufficiente a permettere di programmare le riparazioni necessarie. Se il servizio di manutenzione non rispondesse in maniera rapida al segnale, le condizioni di guasto incipiente potrebbero presto trasformarsi in quelle di guasto imminente.

Reali benefici, per far fronte a questo problema, si possono conseguire con un altro tipo di manutenzione su condizione: la manutenzione migliorativa, detta anche Proactive Maintenance.

Questa strategia è definita come l'insieme delle azioni di miglioramento e di piccola modifica intraprese con lo scopo di migliorare l'affidabilità e la manutenibilità dell'entità, attraverso l'eliminazione delle cause di guasti sistematici, la riduzione della probabilità di insorgenza dei guasti e miglioramenti a livello logistico. Per piccole modifiche si intende che esse "non incrementano il valore patrimoniale dell'entità".

La manutenzione migliorativa deriva dai principi del TPM (Total Productive Maintenance) e della Lean Production, perciò si basa su un sistema di miglioramento continuo attraverso l'uso di metodologie e tecniche di analisi e soprattutto con il coinvolgimento e la motivazione delle persone.

1.9 Costi di manutenzione

L'impatto economico è un aspetto decisivo per le imprese industriali, pertanto è di fondamentale importanza analizzare i costi di manutenzione. Nel presente paragrafo si approfondiranno gli aspetti economici della manutenzione facendo una panoramica dei costi associati alle attività manutentive.

La maggior criticità, il più delle volte, non è tanto l'incidenza economica dei costi propri di manutenzione (direttamente imputabili agli interventi), quanto dei costi indotti dalla non funzionalità di entità. In sistemi sempre più complessi e integrati, l'indisponibilità improvvisa per guasto comporta perdite rilevanti dal punto di vista del mancato servizio, della sicurezza, della produzione nonché della compromissione del patrimonio impiantistico.

Una visione che si limitasse semplicemente all'affermazione 'la manutenzione ha un suo costo' sarebbe però estremamente errata. Una corretta conduzione delle attività manutentive permette infatti di creare notevoli vantaggi.

Se opportunamente progettata e gestita, la manutenzione riduce i costi conseguenti ai guasti ed incrementa le opportunità di profitto, per il miglior funzionamento dell'entità. Questo è ottenibile migliorando quantità, qualità ed efficienza del servizio che conduce ad una maggiore efficienza complessiva, consentendo di ridurre i prezzi di vendita, incrementare le quote di mercato e aumentare il margine di contribuzione.

Per la valutazione della manutenzione dal punto di vista economico occorre quindi considerare il costo diretto delle risorse (materiali, attrezzature, personale), ma anche quantificare il valore che essa produce.

In Figura 1.6 sono rappresentate le principali tipologie di costi di manutenzione:

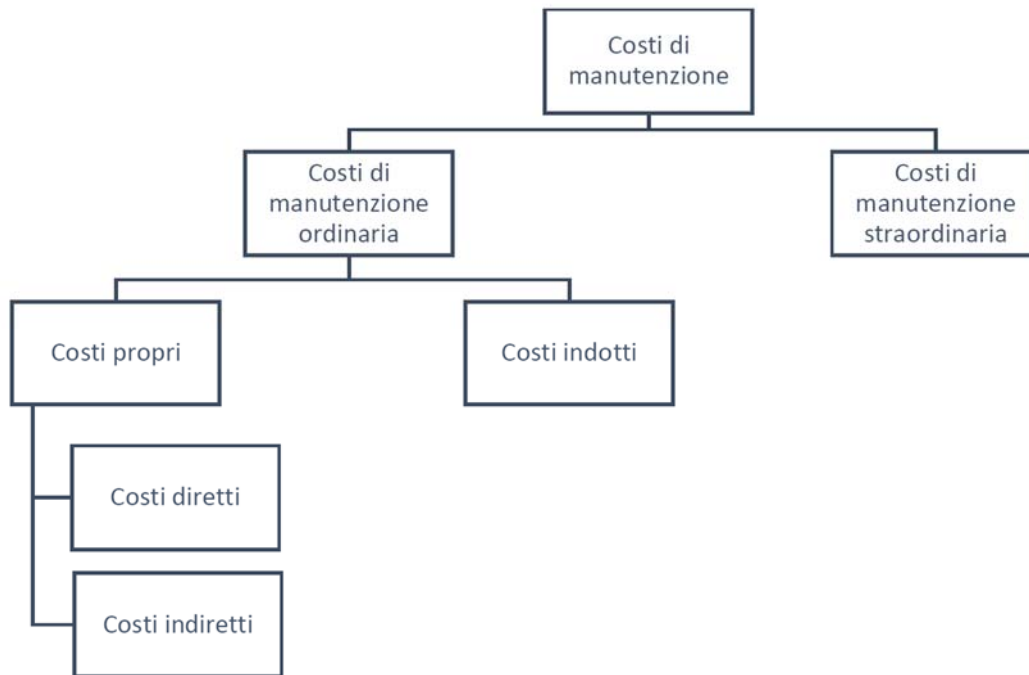


Figura 0.6 - Tipologie di Costi di Manutenzione

La prima suddivisione da considerare è tra i costi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

1.9.1 Costi di Manutenzione Straordinaria

Con manutenzione straordinaria si intende, in genere, l'insieme delle azioni che aumentano in modo significativo il valore residuo e/o la longevità del sistema, il cui scopo non è dettato da una esigenza impellente di ripristinare il livello ottimale di funzionamento, ma piuttosto da una gestione economica, nel tempo, del sistema mantenuto.

Le azioni possono essere di tipo migliorativo (manutenzione migliorativa), in alcuni casi di tipo correttivo oppure possono portare a revisioni molto profonde (manutenzione preventiva).

La manutenzione straordinaria non ha lo scopo di mantenere nel tempo il livello di disponibilità dell'entità, ma ha un carattere di straordinarietà, ovvero interviene nelle grandi manutenzioni di sistemi, specie in quelli che debbono funzionare a ciclo continuo, migliorando prestazioni ed affidabilità.

Con il passare del tempo le esigenze di prestazione aumentano, anche a causa dell'introduzione di nuovi modelli e tecnologie sul mercato; ci si trova spesso nella necessità di valutare il rimpiazzo di un sistema o una sua manutenzione radicale (appuntamento straordinaria) al fine di aggiornarlo e di ridurre il suo grado di obsolescenza, nonché aumentarne la longevità.

La maggiore longevità dei sistemi, fisica e tecnologica, permette di ripartire i costi di acquisto su un maggior numero di anni. Alle quote di ammortamento dovute al costo di acquisto dell'entità nel tempo si aggiungono quelle derivanti dai costi della manutenzione straordinaria, incrementando il valore patrimoniale.

I costi di manutenzione straordinaria sono quindi associati a grandi eventi: comportano notevoli investimenti che vengono poi ammortizzati. Non sono costi di esercizio usuali e proprio per questo danno origine a grandi commesse, gestite dall'amministrazione centrale dell'azienda.

1.9.2 Costi di Manutenzione Ordinaria

Questa tipologia di costi viene sostenuta per il normale esercizio dei servizi di manutenzione, e di conseguenza non comportano variazioni del valore dell'entità. I costi di manutenzione ordinaria possono essere suddivisi in due categorie: costi propri, che al loro volta saranno scomposti in costi diretti ed indiretti, e costi indotti.

Costi propri diretti

I costi propri diretti sono i costi "contabilizzabili dalla contabilità industriale, per lavoro, prestazioni, materiali, acquisti" del servizio di manutenzione. I costi diretti sono dovuti alle risorse impiegate per le attività di manutenzione e comprendono:

- *Manodopera aziendale diretta*: riguardano i costi del personale direttamente impegnato negli interventi. A loro volta, questi costi possono essere suddivisi a seconda della figura professionale considerata (costi associati alle operazioni manutentive svolte dai meccanici, dagli elettricisti, dagli strumentisti, etc.);
- *Prestazione di terzi*: rappresentano i costi delle prestazioni fornite da società terze che offrono servizi di manutenzione comprendenti erogazione di manodopera, uso di attrezzature e materiali;
- *Materiali*: comprendono i costi dei materiali prelevati da una scorta aziendale e di acquisto diretto. I costi di immobilizzo per la tenuta a scorta dei materiali di ricambio o di consumo sono invece trattati come costi generali indiretti di magazzino.

Costi propri indiretti

Riguardo ai costi propri indiretti, si può fare una distinzione tra:

- *Costi della struttura di manutenzione*: i quali comprendono i costi annui del personale indiretto ascrivibile alla struttura organizzativa del servizio di manutenzione; rientrano tra questi il costo dei gestori, dei capi officina, del personale di ingegneria di manutenzione, dei programmatori, degli addetti al magazzino materiali;
- *Costi dei servizi tecnici e delle attrezzature di funzionamento*: rappresentano i costi annui delle attrezzature (es: attrezzature di trasporto e sollevamento), del materiale d'esercizio generale (tute, guanti, etc.), del materiale ausiliario (solventi, stracci, materiali di saldatura, etc) e dei servizi tecnici (vapore, acqua, aria compressa, energia elettrica, ...) necessari per l'operatività della struttura di manutenzione;
- *Costi dei servizi ausiliari*: comprendono i costi annui dei servizi a supporto della manutenzione come possono essere quelli associati alla gestione del sistema informativo ed i costi di amministrazione;
- *Costi di immobilizzo dei materiali di ricambio e di consumo diretto*: sono gli oneri finanziari generati dal mantenimento a scorta a magazzino dei materiali a disposizione della manutenzione.

Costi indotti

I costi indotti nascono come conseguenza dell'interruzione della funzionalità dell'entità, che può essere causata da un guasto o dalla volontaria interruzione per effettuare interventi manutentivi. Di conseguenza un costo indotto può registrarsi come conseguenza dell'avaria dell'entità o come conseguenza della programmazione dei lavori di manutenzione.

È tuttavia opportuno precisare che le attività manutentive preventive, che comportano un fermo dell'entità e quindi sono una fonte di costi indotti, hanno la finalità di ridurre il numero di interruzioni di esercizio per guasto, le quali sono molto imprevedibili e comportano solitamente maggiori costi indotti.

La programmazione dei lavori, in accordo con il responsabile di stabilimento, ha un'essenziale importanza per il controllo e il contenimento dell'ammontare complessivo dei costi di manutenzione, in particolare dei costi indotti.

Partendo da una visione di questo tipo, volta a ridurre e minimizzare i costi indotti, con un'accurata manutenzione, si può affermare che i costi indotti sono causati da:

- ✓ *Ritardata manutenzione*, che genera costi se non si è in grado di rispettare il programma di manutenzione o se la programmazione è inadeguata;
- ✓ *Errata manutenzione*, che crea costi indotti per interventi non sufficienti in termini di qualità delle operazioni svolte o per la necessità di ripetere l'intervento errato;
- ✓ *Conduzione inadeguata dell'entità*, che genera costi indotti a seguito di una scorretta o inadeguata conduzione dell'entità da parte del personale di esercizio.

Le prime due cause sono attribuibili alla manutenzione e pertanto anch'essa è responsabile della generazione dei costi indotti; la terza causa invece è attribuibile al personale di esercizio. Tuttavia è opportuno precisare che i costi indotti che ne derivano siano tenuti sotto controllo dalla manutenzione, in collaborazione con l'esercizio.

I costi indotti si possono suddividere in varie categorie a seconda della causa di costo; le più comuni sono sotto elencate:

- Mancata erogazione del servizio;
- Mancata qualità;

- Inefficienza di esercizio;
- Mancata sicurezza.

Nella Tabella 1.2 sono riassunte le principali voci di costo catalogate in base alla causa di costo.

Tabella 1.2 - Principali Tipologie di Costi Indotti

<i>Componente di costo</i>	<i>Descrizione</i>
Mancata erogazione del servizio	
Costi di mancato utilizzo dell'entità	Mancato o ridotto utilizzo della capacità dell'entità durante il fermo marcia a seguito di un guasto
Costi di mancato utilizzo della manodopera	Mancato o ridotto utilizzo della manodopera, nel caso in cui non possa essere impiegata in altri compiti
Mancata qualità	
Costi interni di non qualità Scarto totale del prodotto	- Scarto del materiale e riduzione del valore aggiunto durante la produzione
Costi interni di non qualità Possibile rilavorazione	- Analisi delle difettosità e rilavorazione, esecuzione di audit /ispezione
Costi esterni di non qualità	- Rimpiazzo di prodotti difettosi consegnati al cliente, analisi delle difettosità e riparazione dei resi - Garanzia e responsabilità sul prodotto (product liability) - Mancate vendite come effetto della degradazione dell'immagine aziendale
Inefficienza dell'esercizio	
Costi di inefficienza di processo	Dovuti ad extra consumi di utilities (energia, acqua, ...) e di altri materiali a causa del deterioramento progressivo dell'entità
Mancata sicurezza	
Costi di assicurazione	Incremento dei premi assicurativi associati ai danni causati dall'entità
Costi di immagine	Perdita di mercato o clienti come effetto della degenerazione dell'immagine aziendale
Costi dei danni	Danni alla proprietà e all'ambiente, danni degli infortuni (invalidità) o morte
Costi legali	Difesa in atti giudiziari associati al danno causato a persone, proprietà, ambiente
Costi di analisi incidenti	Investigazione ed analisi per la ricerca delle cause dell'incidente
Costi di ricerca misure correttive	Individuazione di misure per prevenire la ripetizione dell'incidente

CAPITOLO 2

Gli Strumenti RAM

2.1 Introduzione ai concetti basilari

Prima di esaminare i diversi aspetti tecnici ed organizzativi della manutenzione è opportuno conoscere il significato dei termini e i concetti fondamentali che sono usati in campo manutentivo. Per questo obiettivo il corpo normativo dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione è un valido riferimento: all'inizio degli anni '90 si è infatti provveduto a normalizzare il glossario della manutenzione, eliminando una situazione confusionaria che rendeva impossibile confronti tra realtà diverse.

Le norme UNI che hanno maggiormente disciplinato la materia sono le seguenti:

- UNI 9910: terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio.
- UNI EN 13306: manutenzione – terminologia di manutenzione.
- UNI 10147: manutenzione – termini aggiuntivi alla UNI EN 13306 e definizioni.

Tra gli indicatori di performance più comuni per l'Ingegneria di Manutenzione, vi sono i parametri RAM, dall'inglese *Reliability, Availability e Maintainability*, che misurano lo stato di affidabilità, disponibilità e manutenibilità di un sistema produttivo.

2.2 Reliability

Affidabilità è la “attitudine di un'entità a svolgere una funzione richiesta in date situazioni, durante un intervallo di tempo stabilito”. Questa definizione è stata ulteriormente declinata con uno specifico formalismo di calcolo, che identifica l'affidabilità come la “probabilità che un'entità possa eseguire una funzione richiesta in condizioni stabilite per un dato intervallo di tempo $[0, t]$ presupponendo che la stessa entità si trovi in stato di normale funzionamento all'istante $t=0$ ”.

Esistono due principali leve affidabilistiche su cui si può andare ad operare:

- miglioramento dell'affidabilità, che riguarda la possibilità di individuare proposte orientate a raggiungere, sulla base delle esperienze effettuate durante la vita utile dell'entità, dei miglioramenti progettuali al fine di ridurre la probabilità intrinseca con cui i guasti accadono;
- controllo preventivo tramite la scelta di un adeguato insieme di operazioni di mantenimento dell'entità pianificata con un'opportuna frequenza di intervento, con l'obiettivo di anticipare in modo preventivo quest'ultimo rispetto al guasto, tenendo conto della probabilità con cui i guasti dell'entità tendono ad accadere.

La validità delle azioni intraprese può essere determinata andando ad analizzare la percentuale di vita dell'entità in cui questa si trovi in stato di guasto. Prima di procedere occorre però fare una distinzione preliminare sulle caratteristiche di riparabilità di una data entità. Essa si definisce riparabile se, tramite un intervento di manutenzione, può essere riportata alla sua originale funzionalità: diversamente si parla di entità non riparabile.

Nel primo caso, per misurare l'affidabilità si fa riferimento al Mean Time Between Failures, ossia il tempo medio che intercorre tra due guasti successivi. Questo parametro rappresenta una valutazione della vita media di una certa entità nell'ambito della sua progettazione.

Considerando quindi, un componente o un sistema riparabile soggetto a N guasti e quindi a N riparazioni, il *MTBF* può essere calcolato come il rapporto tra la somma dei tempi che intercorrono tra la fine dell'avaria precedente e l'inizio di una nuova avaria (*TBF*, Time Between Failures) e il numero di guasti totali.

$$MTBF = \sum_i \frac{TBF_i}{N}$$

dove $i = 1, \dots, N$,

Se prendiamo invece in considerazione entità non riparabili, che sono molto più comuni, è possibile utilizzare come indicatore il Mean Time To Failure (*MTTF*) il quale rappresenta la durata di vita media di un componente prima di subire un guasto irreversibile.

Considerando un lotto N di entità uguali e non riparabili il $MTTF$ può essere calcolato come il rapporto tra la somma dei tempi di guasto delle singole entità (TTF , Time to Failure) e il numero di totale di queste.

$$MTTF = \sum_i \frac{TTF_i}{N}$$

Il $MTBF$ e $MTTF$ sono parametri statistici, per questo motivo essi non sono né a garanzia del funzionamento del componente prima che il tempo limite sia superato, né che, superata questa soglia, il componente si guasti sicuramente.

Si consideri ora un campione di componenti costituito da un grande numero N_0 di elementi uguali, tutti funzionanti all'istante $t=0$, in determinate condizioni operative ed ambientali. Misurando i parametri funzionali degli elementi, possiamo stabilire, ad ogni istante t , se essi sono ancora funzionanti o meno.

Se indichiamo con: $N_v(t)$ il numero di componenti funzionanti all'istante t .

$N_g(t)$ il numero di componenti guasti all'istante t .

Si dovrà avere ovviamente che per ogni istante t :

$$N_g(t) + N_v(t) = N_0$$

Ricordando che la probabilità che un certo evento si verifichi è data dal rapporto tra il numero di esiti favorevoli a tale evento e il numero totale di eventi possibili, possiamo definire le due funzioni:

- 1) Affidabilità $R(t)$, come la probabilità per il singolo componente di essere ancora funzionante al tempo t (ossia dopo un intervallo di tempo da 0 a t):

$$R(t) = \frac{N_v(t)}{N_0}$$

2) Inaffidabilità $F(t)$, come la probabilità per il singolo componente di essere guasto al tempo t (ossia dopo un intervallo di tempo da 0 a t):

$$F(t) = \frac{N_g(t)}{N_0}$$

La relazione tra affidabilità ed inaffidabilità è la seguente:

$$F(t) + R(t) = 1 \quad \longrightarrow \quad R(t) = 1 - F(t)$$

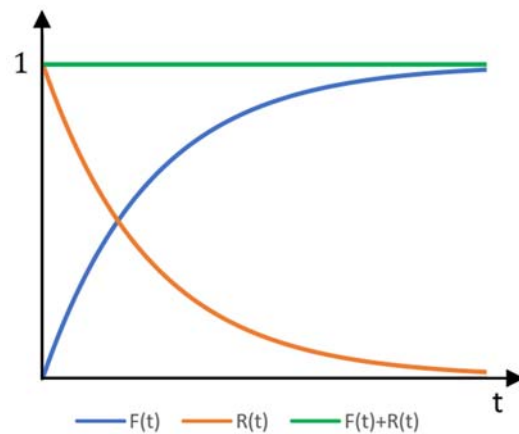


Figura 2.1 - Relazione tra le funzioni $R(t)$ ed $F(t)$.

In questo grafico il tempo t in ascissa non rappresenta, in generale, il tempo solare, ma piuttosto il tempo reale di esercizio durante il quale si richiede che il componente sia effettivamente funzionante. La $F(t)$ è in pratica una funzione cumulativa di guasto espressa in termini percentuali rispetto al numero totale di componenti N_0 .

Osservando le variazioni della funzione $F(t)$ ad intervalli discreti di ampiezza Δt , si può definire anche la funzione $f(t)$ chiamata densità di probabilità di guasto (o frequenza di guasto, nel caso discreto):

$$f(t) = \frac{\Delta F(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta N_g(t)}{\Delta t} \frac{1}{N_0}$$

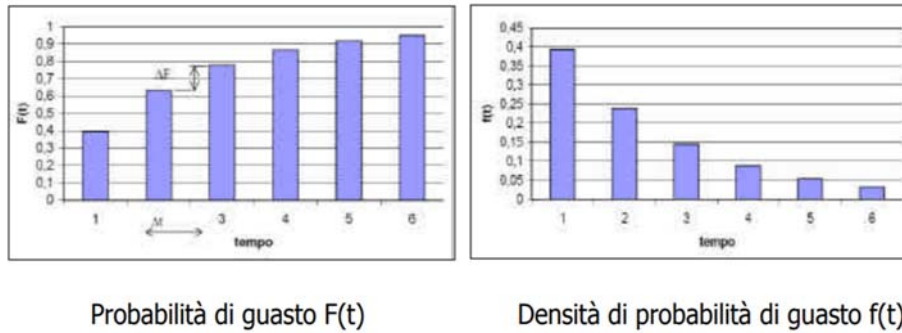


Figura 0.2 - Andamento discreto nel tempo della $F(t)$ e $f(t)$

Da qui si può inoltre definire un altro parametro importante, il tasso di guasto $\lambda(t)$.

Il **tasso di guasto** viene definito come il rapporto tra il numero di oggetti guasti dopo un tempo $t + dt$ e il numero di entità sopravvissute al tempo t . Più precisamente assegnata un'unità di tempo piccola a piacere dt , si definisce tasso di guasto $\lambda(t)$: la probabilità che un'entità, che al tempo t si trovi in stato di buon funzionamento, si guasti in un tempo compreso tra t e $t + dt$. Il parametro $\lambda(t)$ può essere interpretato come il “numero di guasti nell'unità 'di tempo”, ovvero come una misura della velocità di verificarsi del guasto.

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_v(t)} \frac{dN_g(t)}{dt}$$

Il tasso di guasto può, in generale, variare nel tempo: il suo andamento nel tempo è solitamente rappresentabile mediante la caratteristica curva a “vasca da bagno” riportata in figura.

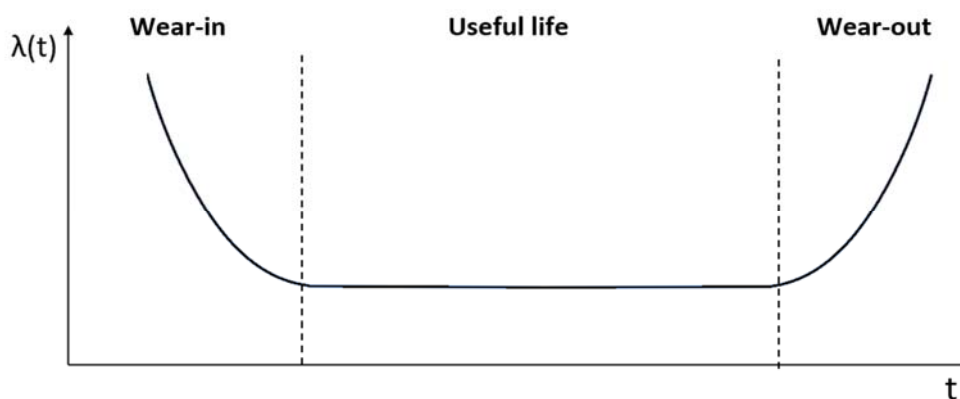


Figura 2.3 - Bathtub Curve: andamento tipico del tasso di guasto nel tempo.

Come si può osservare, nel corso della vita utile dell'entità si possono distinguere tre differenti periodi:

- **fase di mortalità infantile** (wear-in): in questa zona i guasti avvengono nel primo periodo di vita dei componenti (periodo di rodaggio). La probabilità che si verifichino decresce gradualmente, poiché la natura di questi guasti è legata a difetti intrinseci (congeniti) dei componenti che non sono emersi durante i collaudi. In presenza di una buona progettazione, essi sono dovuti essenzialmente ad errori di costruzione e, principalmente, di montaggio; il periodo durante il quale si manifestano i guasti di questo tipo può variare da poche decine ad alcune centinaia di ore di funzionamento. Possono essere ridotti al minimo (ma non a zero) con un adeguato sistema di controllo qualità;
- **fase di vita utile** (useful life): dopo il rodaggio, $\lambda(t)$ raggiunge il suo valore minimo, valore che rimane mediamente costante per tutta la durata della fase poiché le entità sopravvissute hanno caratteristiche di propensione al guasto simili e costanti. Di conseguenza, in questa fase si manifestano quasi esclusivamente guasti di natura aleatoria, dovuti al normale funzionamento ed utilizzo dell'entità; questa tipologia di guasti presenta una probabilità di verificarsi che è indipendente dal tempo; sono dovuti a fattori incontrollabili che neanche una buona progettazione ed esecuzione possono eliminare;
- **fase di usura o degrado** (wear-out): al termine della vita utile, la propensione al guasto di un'entità aumenta esponenzialmente, a causa dell'invecchiamento e dell'usura derivanti dall'intenso utilizzo, fino al momento in cui la macchina risulta inutilizzabile. Tale periodo corrisponde quindi ad una degradazione irreversibile delle caratteristiche dell'entità perciò la loro probabilità di accadimento di tali guasti cresce con il passare del tempo. Possono essere ridotti con una opportuna strategia di manutenzione.

E' importante osservare che per entità riparabili soggette a fenomeni di usura la vita utile risulta meno statica ed un andamento costante del tasso di guasto si può realizzare solamente grazie ad interventi di manutenzione preventiva. Questa pratica da origine ad una curva di guasto differente, denominata "a dente di sega".

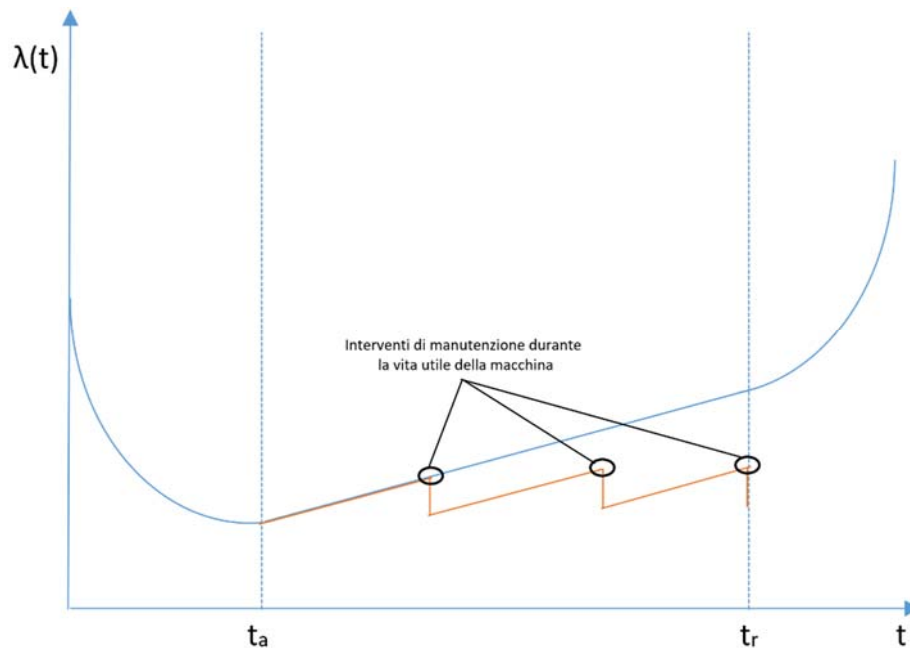


Figura 2.4 - Effetti della manutenzione sul tasso di guasto.

In questa rappresentazione, la fase di vita utile è tipicamente caratterizzata da un lento ma costante aumento del tasso di guasto, dovuto al deterioramento progressivo dell'entità: a tale incremento è tuttavia possibile rimediare tramite interventi di manutenzione programmati che permettano di ridurre puntualmente il valore di $\lambda(t)$, contribuendo così a mantenerlo costante.

Esistono altri modelli relativi all'andamento del tasso di guasto nel tempo, ad esempio per sistemi meccanici e pneumatici nei quali è evidente che lo stato d'usura causa un effetto di invecchiamento, con conseguente crescita della probabilità del guasto quando il sistema è prossimo all'esaurimento della vita utile prevista in fase di progettazione.

In questo caso si avrà una distribuzione simile alla curva mostrata in figura:

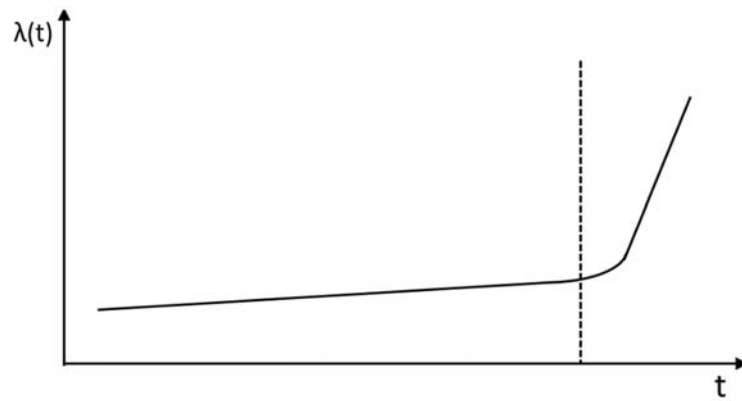


Figura 2.5 - Andamento tipico del tasso di guasto nel tempo per componenti meccanici e pneumatici.

2.3 Maintainability

Con **Manutenibilità** si intende “l’attitudine di un’entità, in certe condizioni d’uso, ad essere mantenuta o ripristinata in uno stato in cui essa possa eseguire la funzione richiesta, quando la manutenzione è effettuata in date condizioni e vengono adottate le procedure e le risorse prescritte”. Anche in questo caso, la manutenibilità ha una traduzione in termini statistici: essa infatti è la “probabilità che un’azione di manutenzione attiva, per un’entità data, possa essere eseguita durante un intervallo di tempo determinato”.

Per aumentare la disponibilità di un’entità nel corso della sua vita operativa, la manutenzione deve far leva sulla migliore organizzazione degli interventi possibile, così da ridurre l’incidenza delle fermate che avvengono durante il “tempo richiesto” di esercizio che conducono a delle perdite di disponibilità. Solitamente dopo il guasto di un’entità ne è richiesta la sua riparazione pertanto è necessario definire il Tempo di Riparazione o Time to Repair (*TTR*) il quale si articola in:

- Tempo di diagnosi: identificazione, localizzazione e individuazione della causa del guasto;
- Tempo di set-up: individuazione metodo di riparazione, tempo logistico e amministrativo;

- Tempo attivo di riparazione;
- Tempo di ripristino.

E' fondamentale sottolineare che ciascuna componente temporale è affetta da disturbi di vario tipo.

I due indici principali di manutenibilità sono i seguenti:

1. *MTTR* (Mean Time To Repair): il tempo medio di riparazione, ovvero l'intervallo di tempo durante il quale l'entità considerata è in uno stato di indisponibilità a causa di un guasto. Il *MTTR* può essere calcolato come il rapporto tra la somma totale del *TTR* (Time To Repair – Tempo Totale di Riparazione) e il numero delle riparazioni effettuate sul componente o sistema considerato. Il valore di *MTTR* è un indice di manutenibilità dell'entità.

$$MTTR = \sum_i \frac{TTR_i}{N}$$

dove $i = 1, \dots, N$ (con N numero delle riparazioni dovute ai relativi guasti)

2. *MDT* (Mean Down Time): ovvero il tempo medio di indisponibilità.
Questo indicatore misura la media del tempo di fermata di un sistema indipendentemente dalle cause che l'hanno prodotta, ossia che la fermata sia programmata oppure sia causata da un guasto, esso tiene conto dei ritardi amministrativi e logistici, considerando in tal modo tutti i tempi che possono incidere sull'indisponibilità dell'entità.

$$MDT = \sum_i \frac{DT_i}{N}$$

Riassumendo possiamo considerare la relazione che intercorre tra i parametri precedentemente descritti, ovvero: $MTTF + MTTR = MTBF$

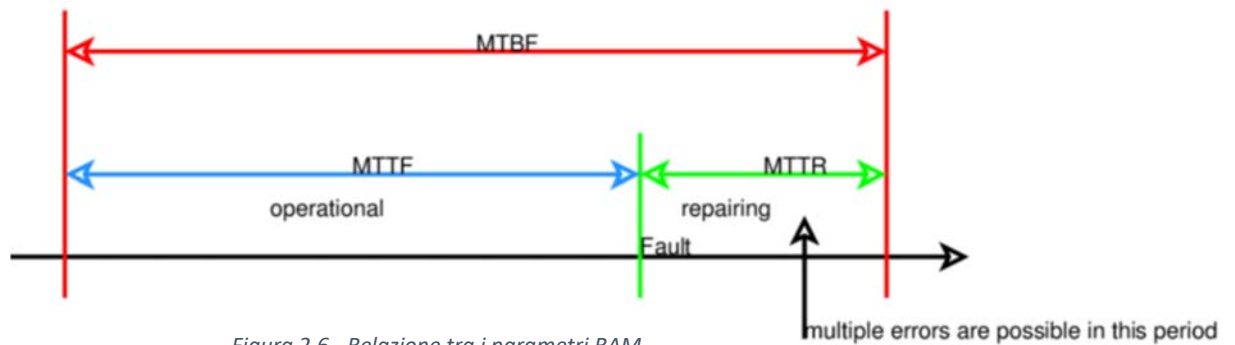


Figura 2.6 - Relazione tra i parametri RAM

Il *MTBF* potrebbe coincidere con *MTF* solo quando il *MTR* è trascurabile rispetto al *MTF*. Questa circostanza è riscontrabile solo in presenza di sistemi altamente affidabili, quindi con *MTF* molto elevato, o di sistemi riparabili rapidamente.

2.4 Availability

La norma UNI 9910 definisce la **Disponibilità** come “attitudine di una entità ad essere in grado di svolgere una funzione richiesta in determinate condizioni ad un dato istante, o durante un dato intervallo di tempo, supponendo che siano assicurati i mezzi esterni eventualmente necessari”.

La disponibilità dipende quindi dall'affidabilità e dalla manutenibilità dell'entità oggetto di manutenzione. Le risorse esterne necessarie che non dipendono dalle azioni di manutenzione sono sotto la responsabilità di altre funzioni: ad esempio, il materiale a bordo macchina è una risorsa necessaria, la sua disponibilità dipende però dalla logistica di produzione.

La disponibilità è pertanto importante perché permette di valutare il livello di servizio raggiunto da un'entità, e di quantificare le inefficienze: più è elevato tale valore, più è sentita l'esigenza di strategie atte a ridurle. Per misurare la disponibilità di un'entità, si deve considerare il tempo a calendario per la medesima: esso risulterà suddiviso in una sequenza

di periodi temporali di disponibilità (UT) e periodi in cui essa sarà fuori servizio a causa di interventi manutentivi (DT).

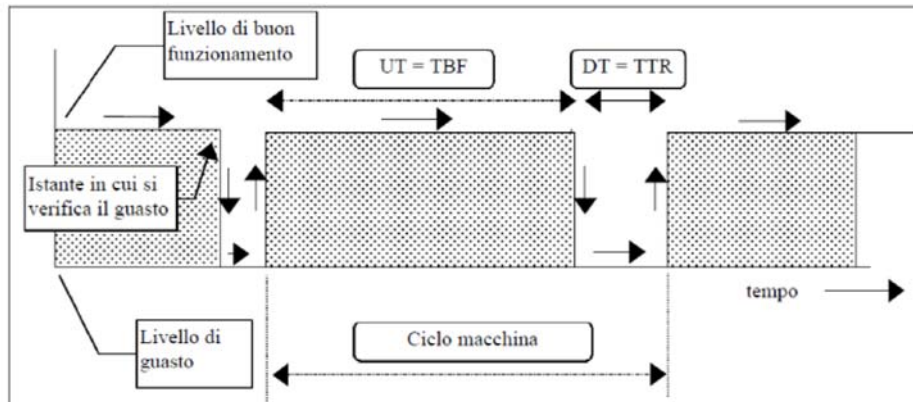


Figura 2.7 - Ciclo di funzionamento di un'entità

Definiamo la Disponibilità come la percentuale di tempo di buon funzionamento rispetto al tempo totale in cui è richiesto il funzionamento stesso della macchina, cioè:

$$A = \frac{\Sigma UT}{(\Sigma UT + \Sigma DT)}$$

Poiché il tempo di funzionamento dell'entità coincide con il *MTTF*, possiamo riscrivere la disponibilità come:

$$A = \frac{MTTF}{(MTTF + MTTR)}$$

A parità di tempo medio a rottura (ovvero per uguali valori di *MTTF*), un cespite è più disponibile di un altro se ha un valore di *MTTR* minore; analogamente la disponibilità di due sistemi con simile tempo di riparazione, aumenta al crescere del *MTTF* cioè della sua affidabilità all'interno del periodo di funzionamento richiesto.

L'analisi della Disponibilità dei processi di business ha un impatto importante sull'attività aziendale e sui costi che l'organizzazione sostiene. La figura sottostante mostra l'andamento qualitativo di come la curva di costo totale sia data dalla somma dei costi sostenuti per azioni di incremento dell'affidabilità o disponibilità e dei costi di mancata produzione dovuti all'inaffidabilità o indispensabilità delle macchine stesse.

Poiché le macchine si guastano, infatti, l'affidabilità e la disponibilità vengono garantite, ove possibile, attraverso adeguate politiche manutentive che, se da un lato contribuiscono a un funzionamento globale regolare e continuativo, dall'altro rappresentano un onere economico spesso non indifferente, intervenendo in sede di gestione dell'impianto, oppure nella progettazione o riprogettazione di parti o insiemi di macchine o nell'installazione di unità di riserva (sistemi ridondanti).

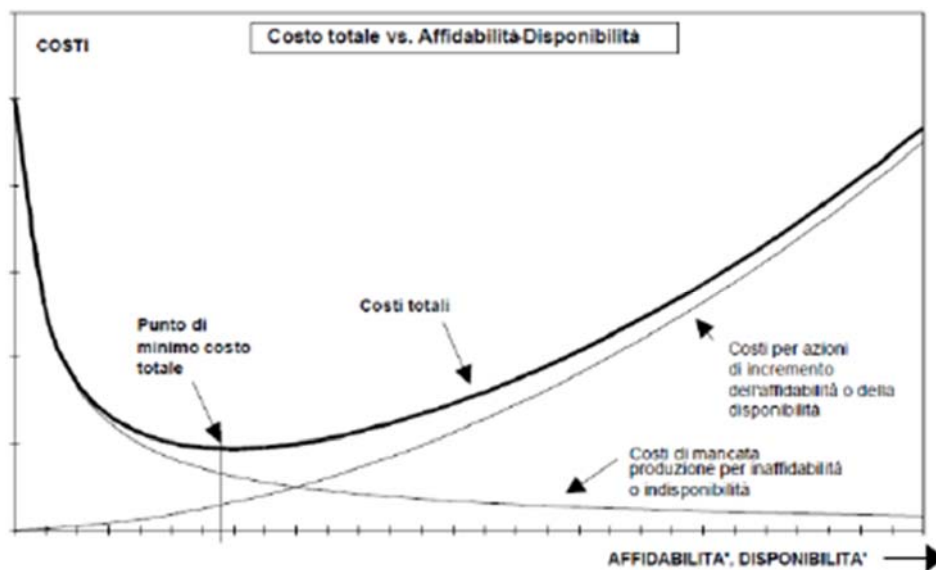


Figura 2.8 - Curva dei costi totali in funzione della disponibilità

CAPITOLO 3

Analisi RAM

3.1 Introduzione RAM Analysis

In questo Capitolo, si descrive operativamente come avviene l'Analisi RAM negli impianti industriali.

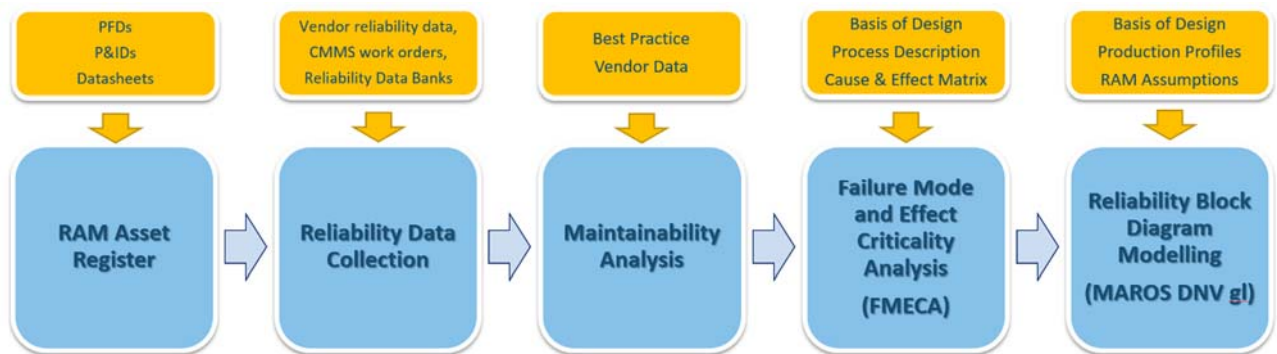


Figura 3.1 - Methodology Flowchart RAM Analysis

3.2 RAM Asset Register

Il RAM Asset Register rappresenta l'attività di base per lo sviluppo di qualsiasi analisi RAM, essenziale nella progettazione degli interventi di manutenzione. Esso è fondamentalmente il censimento degli oggetti di manutenzione secondo una logica di catalogazione flessibile, contenente tutte le informazioni tecniche e gestionali necessarie per la definizione dei piani di manutenzione, le quali si possono trovare in documenti di riferimento come disegni, manuali di istruzione, P&IDs per impianti o servizi, specifiche per componenti.

Gli asset non sono "beni statici" ma evolvono nel tempo, perciò il sistema informativo di manutenzione deve consentire la gestione delle informazioni utili a descrivere l'ambiente oggetto di manutenzione tramite un'anagrafica dell'impianto. Il processo di censimento deve essere effettuato secondo i seguenti passi:

- **Analisi e definizione dei beni tipo:** attività che richiede una buona conoscenza dei beni stessi per poterli suddividere in famiglie che abbiano caratteristiche simili.

- **Definizione degli attributi di ogni Asset:** si definiscono le caratteristiche dei beni, anche attraverso la consultazione dei Manuali di Istruzione dei macchinari.
- **Definizione delle location degli Asset:** suddivisione dello spazio geografico occupato dagli equipment in spazi circoscritti di dimensioni adeguate a identificare opportunamente il bene.

3.3 Reliability Data Collection

Nel contesto dell'ingegneria di manutenzione, durante la fase di sviluppo (Development phase), la R&M data Collection consiste nel definire ed assegnare la tipologia di affidabilità e manutenibilità ad ogni item oggetto dell'analisi RAM. Essa può essere definita in vari modi, relativamente al livello di dettaglio dell'analisi (dovuto alla fase di progettazione e ai dati disponibili) ed allo scopo.

Generalmente la tipologia R&M viene determinata quando i seguenti elementi sono definiti:

- *Tassonomia*
- *Confini del sistema*
- *Modi di guasto funzionali*
- *Parametri R&M*

Tassonomia

La tassonomia può essere definita come 'la classificazione sistematica di componenti in gruppi generici in base a fattori probabilmente comuni a molti degli stessi componenti'. Come tutte le classificazioni essa implica una struttura gerarchica ed un coinvolgimento di dati (es: livelli gerarchici) riguardanti l'installazione (es: posizione geografica, tipo di impianto, etc.) e

l'inventario (es: tipo di componente, funzionalità dell'unità a cui appartiene tale componente, etc.).

Con riferimento alla classificazione di inventario riportata in OREDA (banca dati dedicata alle attrezzature utilizzate nell'industria petrolifera off-shore nel quale i dati affidabilistici riguardano principalmente materiali elettromeccanici legati all'estrazione del petrolio: compressori, scambiatori, gruppi elettrogeni, distillatori, pompe, evaporatori, ecc.), è consigliabile specificare sempre la classe del componente e la classe di progettazione, così come bisognerebbe identificare il sistema ed altri attributi solo nel caso in cui la popolazione statistica considerata è notevole.

Maggiore è il livello di dettaglio della tassonomia e maggiore è il rischio di ridurre l'insieme degli elementi oggetto di studio così da non ottenere un campionamento adeguato. La figura responsabile di tale procedura dovrebbe cercare un compromesso tra il grado di dettaglio e la quantità degli elementi presi in considerazione.

Confini del sistema

I confini del sistema definiscono l'interfaccia di un dato componente oggetto di manutenzione con il resto dell'impianto. Tutte le problematiche in ambito manutentivo relative ad un'entità, se sono comprese all'interno dei confini dell'entità stessa, devono essere prese in considerazione, contrariamente avviene nel caso opposto.

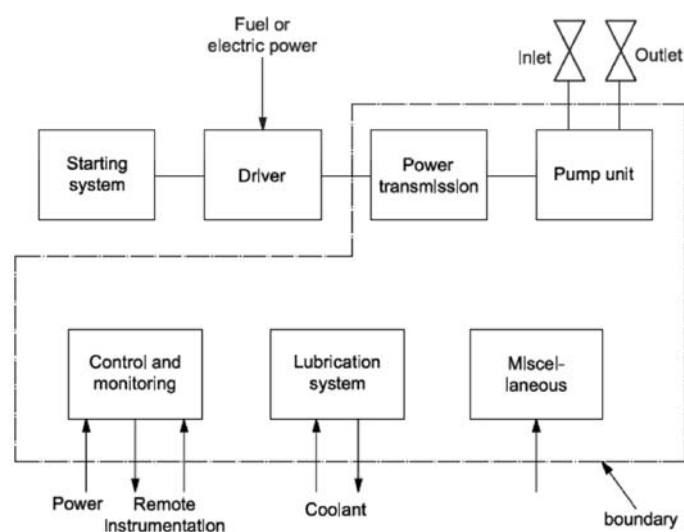


Figura 0.2 - Esempio di rappresentazione grafica dei confini di un sistema

Functional Failure Modes

Un modo di guasto funzionale è una descrizione di come la corretta operatività di un componente che svolge la sua funzione viene a mancare. Tale concetto include le seguenti tematiche:

- l'effetto che permette di individuare il guasto;
- la maniera in cui l'entità arriva al guasto.

Una volta definita la tassonomia ed i confini del sistema, i modi di guasto funzionali rilevanti possono essere determinati partendo dall'identificazione delle funzioni che il componente oggetto di studio deve svolgere, ed investigare come tali compiti possono non essere adempiuti. Il processo di identificazione dei 'functional failure modes' (FFM) dipende dalla fase di progettazione in cui ci si trova ma anche dallo scopo dell'analisi. Inoltre tale procedura dovrebbe essere svolta consultando:

- banche dati commerciali riguardanti R&B (con riferimento alla norma ISO 14224);
- giudizio di esperti (basato sui dati CMMS di componenti simili, sui dati forniti dai costruttori, schede tecniche, etc.).

Le FFM dovrebbero essere identificate a livelli di dettaglio differenti (ad esempio differenti livelli di breakdown). Il modo di guasto funzionale potrebbe essere riferito all'intero componente come un'aggregazione di differenti FFM, tuttavia ci sono le alcune eccezioni.

Come alternativa, le FFM dovrebbero essere identificate ad un grado di dettaglio più profondo, ad esempio riferiti ad items che appartengono a sotto unità dell'impianto.

La scelta del corretto livello di dettaglio riferito alle FFM dipende da diversi fattori, tra i quali figurano la fase di sviluppo in cui si trova il progetto, la tipologia dell'item considerato, gli scopi peculiari dell'analisi, la tassonomia e così via. Come regola generale le FFM dovrebbero essere definite in modo sufficientemente dettagliato da consentire la selezione di differenti conseguenze di guasto e da permettere di scegliere le corrette attività di manutenzione correttive (es: purificazione, luogo per la riparazione, reperimento del materiale di ricambio); queste ultime sono scelte adottate in base ai requisiti imposti nella fase di progettazione.

R&M Parameters

Lo step finale della composizione della Reliability data collection (raccolta dati) è la valutazione della stima dei parametri R&M, tra cui i principali sono sotto elencati:

- Mean Time To Failure (MTTF)
- Failure Probability Per Demand (FPPD)
- Mean Repair Time (MRT)

Suddetti parametri devono essere riportati, quando possibile, considerando un intervallo di confidenza il quale mi determina una serie di valori plausibili per il fattore preso in esame.

Riguardo il MTTF, quando lo scopo dell'analisi RAM non richiede nessun modello per la valutazione dei guasti (ad esempio nella fase di Concept e di Esecuzione), il tempo di guasto può essere modellato con una distribuzione esponenziale. Questa assunzione è largamente utilizzata nell'analisi di affidabilità.

Tuttavia, si noti che la distribuzione esponenziale dovrebbe essere utilizzata per modellare:

- Componenti conformi con un modello di guasto random (tipicamente componenti elettrici);
- Componenti modellati durante la fase di vita utile (è la parte di funzione costante nel grafico a 'vasca da bagno' relativo al $\lambda(t)$).

Considerando invece il MRT, esso può essere modellato con una distribuzione logaritmica (log-normally distributed). Se non dovessero essere disponibili i dati necessari per utilizzare la funzione appena definita, si adotteranno particolari assunzioni tenendo in considerazione il livello di dettaglio dell'analisi nonché il suo scopo.

Il FPPD (Failure Probability Per Demand) invece, è un parametro che esprime la probabilità di guasto per quei componenti che operano 'on demand' ossia su richiesta (ad esempio il 'fail to start' di una macchina in stand-by mode oppure il 'fail to open'/'fail to close' di una BDV e SDV rispettivamente); tale fattore viene spesso espresso in percentuale. Se non si è in possesso di una statistica specifica per l'FPPD, questo parametro può essere derivato:

- dal numero di guasti relativi al ' Fail to Function' (Fail to Open, Fail to Close, Fail to Start);
- dalla stima del numero di richieste.

Il numero di richieste può essere stimato considerando:

- MTBM (Mean Time Between Maintenance) dell'oggetto considerato;
- la frequenza con cui i test vengono effettuati per rilevare i mal funzionamenti (es: stroke test per le ESDV);
- il numero previsto di shutdown dell'intero impianto o treno considerato.

3.4 Maintainability analysis

Lo scopo della manutenibilità è di stimare il 'downtime' dell'item considerato, cioè valutare il tempo di fermata di una determinata entità dovuta o alla manutenzione correttiva (Corrective Maintenance Time) o a quella programmata (Preventive Maintenance Time).

Come detto in precedenza, le attività manutentive, per aumentare la disponibilità di un componente durante tutta la sua vita operativa, devono essere proiettate su una migliore organizzazione degli interventi, al fine di ridurre l'incidenza delle fermate che si verificano durante il "tempo richiesto" di esercizio. Tali perdite di disponibilità possono essere moderate grazie al contributo di due fattori:

- l'idoneità effettiva alla manutenibilità dell'entità;
- la pianificazione del supporto logistico alla manutenzione.

Pertanto le grandezze di misura fondamentali prese in considerazioni sono le seguenti:

- **Manutenibilità**, che rappresenta l'attitudine di un'entità ad essere riportata in condizioni di corretto funzionamento, grazie alle caratteristiche intrinseche dell'entità;
- **Supporto logistico**, che misura l'abilità di un'organizzazione di fornire il servizio manutentivo ed i pezzi di ricambio facilitando l'uso di tale servizio.

I fattori che incidono sulla manutenibilità sono:

- **Accessibilità**: un'entità è accessibile se è garantita la facilità di accesso alle sue parti più soggette a riparazioni, ispezioni, revisioni, sostituzioni;
- **Estraibilità**: un'entità ha caratteristiche di estraibilità se, per effettuare lo smontaggio di una sua parte, non vi è l'obbligo di smontare altre parti non direttamente interessate dallo specifico intervento;
- **Manipolabilità**: un'entità ha le caratteristiche di manipolabilità se le parti soggette a smontaggio possono essere facilmente trasportate. Hanno impatto sulla manipolabilità caratteristiche quali peso, forma e tossicità ad esempio;
- **Pulibilità**: un'entità è pulibile se le parti soggette a pulizia sono facilmente accessibili e individuabili;
- **Modularità**: un'entità ha caratteristiche di modularità se quando è costituita da sottoassiemi, funzionalmente completi, possono essere rapidamente sostituiti a bordo macchina da personale anche non specializzato, rimandando la sostituzione delle parti usurate ad una revisione del modulo in officina.

Il supporto logistico dipende principalmente da:

- **Intercambiabilità**: un'entità ha caratteristiche di intercambiabilità se le parti soggette a smontaggio possono essere sostituite da parti intercambiabili, compatibili per forma e funzione realizzata. A monte c'è sempre uno studio di standardizzazione, volto alla definizione di componenti standard, comuni a più entità da mantenere. È un fattore fondamentale per ridurre il tempo di reperimento dei ricambi;

- *Testabilità*: un'entità è testabile se si è in grado (con il supporto di strumentazione di misura installata direttamente a bordo dell'entità o trasportabile e allacciabile) di collaudare le funzionalità dell'entità e di diagnosticare eventuali avarie. È un fattore che ha un impatto pesante sulla durata delle attività diagnostiche.

La manutenzione può essere principalmente svolta secondo due diverse politiche:

- intervento straordinario, caso in cui l'attività viene effettuata dopo il manifestarsi della condizione di guasto fermo impianto o fermo macchina;
- intervento ordinario, in cui la manutenzione viene programmata prima che il guasto si manifesti oppure a una scadenza programmata.

Il succedersi di eventi temporali ed attività legate alla manutenzione presenta sostanziali differenze nei due casi: è stato quindi definito uno schema generale del tempo di manutenzione.

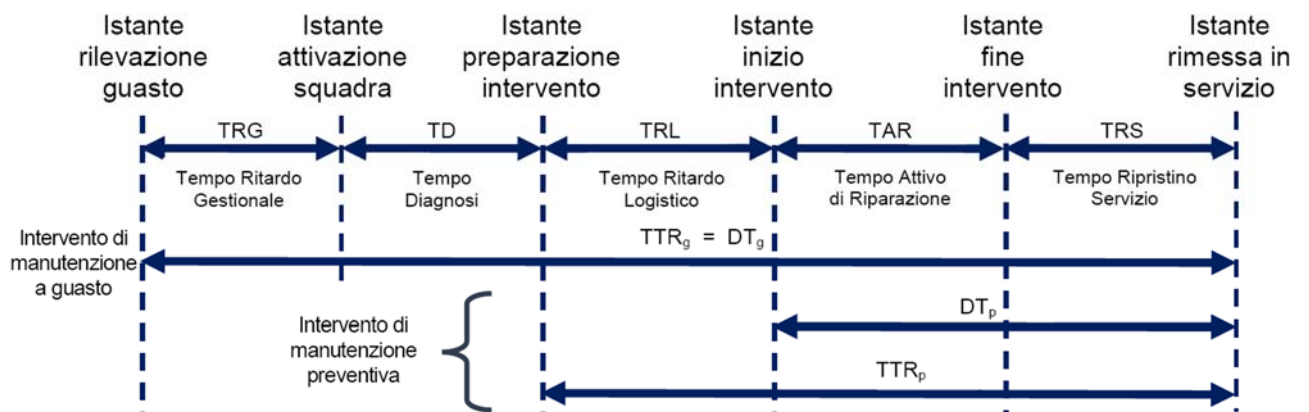


Figura 0.3 - Tempistiche delle attività manutentive

Relativamente alla figura 3.3, si definiscono:

- TRG, Tempo di Ritardo Gestionale, il tempo che intercorre tra l'insorgere dell'esigenza dell'intervento manutentivo e l'avvio delle prime azioni operative;
- TD, Tempo di Diagnosi, necessario per la rilevazione e la localizzazione del guasto e l'identificazione delle sue cause;
- TRL, Tempo di Ritardo Logistico, causato dalle attività logistiche, incluso il tempo di set-up delle attrezzature necessarie all'intervento;
- TAR, Tempo Attivo di Riparazione, ossia il tempo richiesto per l'esecuzione delle operazioni fisiche di intervento e sostituzione/riparazione;
- TRS, Tempo di Ripristino del Servizio, tempo che passa tra il completamento delle operazioni di manutenzione ed il momento in cui l'entità riprende a funzionare nel rispetto delle condizioni stabilite di esercizio;
- TTRg, Tempo Totale di Riparazione a guasto, dato dalla somma di tutti i tempi diretti ed indiretti di manutenzione in condizioni di intervento a guasto;
- DTg, Down Time in caso di guasto, cioè il tempo di indisponibilità dell'entità a seguito del guasto e dei tempi di ripristino della funzionalità della stessa;
- TTRp, Tempo Totale di Riparazione preventiva, somma diretta dei tempi diretti ed indiretti di manutenzione presenti in condizioni di interventi preventivi;
- DTp, Down Time nel caso di intervento preventivo.

In particolare, gli ultimi quattro valori sono molto utili per determinare i più importanti indici di misura per manutenibilità e supporto logistico:

- il Mean Time To Repair (MTTR), dato dal valor medio del TTR;
- il Mean Down Time, costituito dal valore medio del DT.

3.5 FMECA

La FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis) è un'analisi di tipo bottom-up impiegata nell'analisi di rischio per individuare le eventuali criticità di un processo, progetto, prodotto o sistema. Si analizza ogni entità, identificando i possibili malfunzionamenti, le loro eventuali cause e procedere con una valutazione degli effetti locali e del sistema. La FMECA presume che ogni parte dell'impianto sia accuratamente analizzata, andando a considerare tutti i suoi modi di guasto e i relativi effetti funzionali sul sistema. L'analisi di criticità permette di quantificare la gravità degli effetti di ciascun modo di guasto e di classificarli in base ad un indice quantitativo.

L'output finale di un'analisi FMECA è fondamentalmente un piano di manutenzione personalizzato per il componente specifico, con l'obiettivo di perseguire e monitorare la crescita della disponibilità impiantistica.

Un'analisi FMECA può essere definita dalle seguenti fasi:

1. *Identificazione dei componenti da sottoporre all'analisi:*

Il principale scopo di questa fase è la raccolta dei dati che caratterizzano il processo di analisi nel modo più approfondito e preciso possibile, al fine di individuare le problematiche da risolvere, le opportunità di miglioramento del processo stesso e le aspettative degli utilizzatori finali.

2. *Ricerca delle possibili modalità di guasto:*

In sostanza consiste nel mettere in luce la maniera in cui il componente smette di assolvere la propria funzione per cui è stato progettato. E' una descrizione della non adeguatezza a svolgere quanto richiesto, pertanto, nella presente fase vanno elencati tutti i possibili modi di guasto per l'entità, anche quelli con probabilità di accadimento marginale.

3. *Ricerca delle possibili cause del guasto:*

Si individuano tutte le possibili cause del guasto, in quanto generalmente molte cause hanno effetto su un unico modo di guasto e va analizzato quali siano più facili da ridurre o controllare. La determinazione delle cause agevola la ricerca dei rimedi per prevenire i guasti.

4. Definizione degli effetti potenziali del guasto:

Gli effetti del guasto influiscono sull'esecuzione delle attività della macchina e del sistema. Per ogni modalità di guasto si indicano gli effetti generati a livello locale e globale.

5. Definizione della probabilità del guasto:

Si assegna un valore numerico alla probabilità di verificarsi del guasto. Tale valore non è espresso in termini assoluti, ma relativi. Un esempio di scala dei punteggi, considerando come valore numerico il numero di anni, può essere definita come mostrato nella tabella seguente:

Tabella 3.1 - Scala dell'indice di probabilità per metodologia FMECA

Indice di Probabilità (P)	
1	Altamente improbabile (>10 anni)
2	Improbabile (dai 6 ai 10 anni)
3	Probabile (dai 2 ai 6 anni)
4	Altamente probabile (<2 anni)

6. Definizione dell'indice di gravità del guasto

L'indice di gravità del guasto fornisce una stima del danno indotto dallo stesso sul sistema. Anch'esso è espresso in termini relativi secondo una possibile scala a punteggio definita secondo la seguente tabella:

Tabella 3.2 - Scala dell'indice di gravità per metodologia FMECA

Indice di Gravità (S)	
1	Il guasto non inficia la produzione e il funzionamento della macchina nel breve termine
2	Il guasto inficia sul funzionamento della macchina ma non della linea
3	Il guasto rallenta la produzione
4	Il guasto causa la creazione di scarti
5	Il guasto implica un fermo linea <2 ore, perdita di produzione e/o scarti
6	Il guasto implica un fermo linea tra le 2 e le 8 ore, perdita di produzione e/o scarti
7	Il guasto implica un fermo linea >8 ore, perdita di produzione e/o scarti
8	Il guasto implica produzione non conforme con danni ad ambiente e persone

7. Definizione dell'indice di rintracciabilità del guasto

Tale coefficiente stima la probabilità di individuare la condizione di guasto incipiente prima che esso si verifichi. È legato alla possibilità da parte degli operatori e dei dispositivi elettronici installati sulla macchina di identificare le suddette condizioni. Di seguito viene riportato un esempio di scala dei valori su cui ci si potrebbe basare:

Tabella 3.3 - Scala dell'indice di rintracciabilità per metodologia FMECA

Indice di Rintracciabilità (D)	
1	I dispositivi elettronici sono in grado di diagnosticare il modo di guasto, isolarne la causa e impedire che il guasto si verifichi. Non sono necessari ulteriori controlli sulla macchina
2	Alte probabilità che i controlli in essere sulle macchine diagnosticano una causa potenziale e il conseguente modo di guasto. I controlli impediranno un fallimento imminente
3	La macchina fornisce indicatori di "guasto imminente" rilevabili dall'operatore che potrà segnalare eventuali anomalie ma non impedire che il guasto si verifichi
4	I controlli sulle macchine non impediscono che il guasto occorra ma potranno isolare la causa e il conseguente modo di guasto dopo che questo si è verificato
5	Possibilità remote che i controlli in essere (dispositivi elettronici e operatori) forniscano indicazioni su una causa potenziale e il conseguente guasto
6	I controlli in essere (dispositivi elettronici e operatori) non sono in grado di rilevare la causa potenziale e il conseguente guasto

8. Calcolo dell'indice RPN (Risk Priority Number)

Il *Risk Priority Number* è il prodotto tra gli indici di probabilità, gravità e rintracciabilità del guasto. Serve a ordinare, in base alle priorità definite dall'analisi, le attività della FMECA. In altre parole in questo modo è possibile definire quali sono i rischi più impattanti sul progetto in questione e determinare le opportune azioni preventive e protettive (volte a ridurre rispettivamente la probabilità di accadimento e gli effetti dell'evento di rischio) da mettere in atto.

L'output dell'analisi FMECA è riassunto dall'indice R.P.N., che, per ogni modalità di guasto, ne indica il rischio in funzione della probabilità di accadimento, gravità del danno generato e possibilità di rintracciare l'insorgere del guasto stesso prima che si verifichi.

Tuttavia, per definire i controlli necessari dei modi di guasto che vengono individuati, si preferisce considerare l'indice di rischio R, ossia il prodotto tra l'indice di probabilità (P) e l'indice di gravità (S), e non l'R.P.N.. Tendenzialmente si adotta questa scelta poiché in fase di

progetto delle attività manutentive è opportuno indirizzare le principali attenzioni verso i modi che generano un elevato danno al sistema o che sono molto frequenti, indipendentemente dal valore del parametro di rintracciabilità.

Di seguito viene riportata la Matrice di Criticità lungo i cui assi si individuano l'indici di gravità (ordinate) e probabilità di accadimento del guasto (ascisse).

Tabella 3.4 - Matrice di Criticità

Likelihood	Consequence				
	Minor	Moderate	Significant	Major	Severe
Almost Certain Is expected to occur	Low	Medium	High	Very High	Very High
Likely Will probably occur in most circumstances	Low	Medium	High	Very High	Very High
Possible Could occur at sometime	Low	Medium	Medium	High	Very High
Unlikely Event hasn't occurred but it could in some circumstances	Low	Low	Medium	Medium	High
Rare Exceptional circumstances only	Low	Low	Low	Medium	Medium

- **Area verde:** racchiude le modalità di guasto caratterizzate da valori abbastanza elevati di *severity* in corrispondenza di probabilità di accadimento remote, oppure modi di guasto molto frequenti, ma dagli effetti non gravosi sul sistema. Per queste modalità non si prevedono azioni preventive, per l'improbabilità del loro accadimento, o perché è più conveniente ripristinare il sistema a guasto avvenuto, piuttosto che mettere in atto controlli mirati ad impedire che si verifichino.
- **Area gialla:** comprende modi di guasto con importanti valori di *severity* e *probability*. Per queste modalità si possono prevedere interventi periodici, controlli ed ispezioni, per analizzare le condizioni dei componenti e contenere la probabilità di accadimento del guasto. Nel caso in cui i modi di guasto siano altamente improbabili e/o abbiano

effetti poco significativi sul sistema, potrebbe essere conveniente intervenire a guasto avvenuto.

- **Area arancione-rossa:** è l'area maggiormente critica. Racchiude tutte quelle modalità di guasto contraddistinte da elevati valori sia di *severity* che di *probability*. È pertanto utile programmare la manutenzione preventiva e dove possibile quella predittiva, per evitare di incorrere in guasti che in caso di accadimento potrebbero portare inevitabilmente a lunghi downtime.

3.6 Availability Analysis

Una volta completati i punti precedentemente descritti, lo step successivo è quello di dedicarsi all'analisi di disponibilità (Availability Analysis) la quale è un'attività che permette di stimare l'efficienza di un impianto in termini di Production Availability, considerando principalmente i seguenti fattori:

- la frequenza dei guasti previsti dell'impianto (Affidabilità);
- la capacità di ripristinare l'impianto nelle sue condizioni iniziali (Corrective Maintainability);
- la fermata parziale o totale dell'impianto dovuta alle attività di manutenzione preventiva.

La PA può essere definita come il rapporto tra la produzione effettiva e quella prevista su un determinato periodo temporale. In altre parole la Production Availability è il rapporto tra l'effettiva produzione e quella che l'impianto potrebbe raggiungere se non dovesse mai avere fermate.

In questa fase l'effettiva produzione non è conosciuta, pertanto la PA rappresenta la stima di produzione prevista fornita dall'intero sistema (relativo al periodo temporale considerato) su

la massima produzione che l'impianto potrebbe erogare in assenza di manutenzione preventiva e/o correttiva. Di seguito:

$$Production\ Availability\ (PA) = \frac{Estimated\ Production}{MAX.\ Achievable\ Production}$$

Il punto di partenza, come già anticipato ad inizio paragrafo è l'output delle altre attività precedenti, ossia la Maintainability Analysis e la FMECA.

3.7 Reliability Block Diagram modelling (MAROS DNV gl)

Successivamente l'impianto viene convertito in una rete logica complessa (complex logic network, RBD) definita anche 'Modello di disponibilità'; essenzialmente è uno schema a blocchi i quali sono collegati opportunamente, in serie e/o in parallelo, ed in base alla loro connessione contribuiscono in maniera diversa all'efficienza in termini di produzione dell'impianto. Lo sviluppo dell'RBD (Reliability Block Diagram) è un passaggio necessario poiché permette, per ogni blocco, di andar a definire i dati di affidabilità e manutenibilità (MTTF, FPPD, MRT, ritardi tecnici etc.); potrebbe inoltre rappresentare una modalità di suddivisione d'impianto (es: separazione del greggio), di un componente, di un modo di guasto (es: perdita esterna), di un vincolo di operabilità(es: vicolo formalizzato dall'HSE-campagna di manutenzione preventiva) o, più in generale, di un evento che potrebbe compromettere la produzione (es: ritardi logistici).

In seguito, l'implementazione dell'intero modello è compiuta utilizzando DNV Software MAROS, un simulatore che utilizza il metodo Monte Carlo il quale rappresenta un'ampia classe di metodi computazionali basati sul campionamento casuale per ottenere risultati numerici. Le origini di tale metodo risalgono alla metà degli anni 40 nell'ambito del Progetto 'Manhattan' riguardante i problemi di trasporto neutronico. Le sue principali applicazioni

vanno dalla simulazione di sistemi complessi alle metodologie deterministiche di integrazione numerica e all'analisi del rischio. MAROS, originariamente, è stato sviluppato specificatamente per il settore Oil and Gas, sia per impianti onshore che offshore, dove è stato ampiamente utilizzato per la progettazione dei servizi e dei sistemi di trasporto degli idrocarburi al fine di sfruttare al meglio i giacimenti degli stessi. Inoltre è attualmente utilizzato come strumento di progettazione di sistemi per scopi generici nel settore chimico, nella produzione e distribuzione di energia e nell'industria manifatturiera.

Riguardo al settore Oil and Gas, come dati di input MAROS avrà quelli relativi all'intera analisi RAM compiuta su determinati componenti ed il Reliability Block Diagram, descritto precedentemente. L'output che si trarrà è un quadro statistico dell'intera vita del sistema, consentendo la determinazione di una stima di parametri come la 'unavailability', numero di guasti previsti, produzione annua raggiunta, etc., sia per l'intero impianto che per i suoi componenti.

MAROS è uno strumento molto potente utilizzato nell'analisi RAM dotato di ampie funzionalità per la modellazione di reti, delle attività manutentive, ed in generale di scenari complessi, permettendo agli analisti di intraprendere le migliori decisioni al fine di ottenere un ritorno economico soddisfacente.

Prevedere le prestazioni di un sistema in termini di efficienza durante l'intero ciclo di vita non è un compito facile da valutare poiché durante questa fase i processi raramente rimangono costanti: ad esempio la capacità produttiva può variare così come i prodotti e le condizioni di processo. Allo stesso modo l'avvento tecnologico ha portato allo sviluppo di nuove soluzioni per migliorare l'efficienza dei sistemi. In aggiunta a questo, la natura complessa delle dipendenze, i vincoli restrittivi - riguardanti la manutenzione e configurazione degli elementi di sistemi upstream nel settore dell'Oil and Gas - e l'arduo compito di adottare le giuste procedure operative e di progettazione, sono fattori molto evidenti.

MAROS prevede le prestazioni di un dato sistema usando tecniche di simulazione: un algoritmo "Event-Driven" viene utilizzato per generare differenti scenari del ciclo di vita del suddetto sistema tenendo conto della sua affidabilità, manutenibilità e delle politiche operative. Il simulatore, dunque, fa uso di un algoritmo appositamente sviluppato al fine di procedere con un'analisi che valuta l'impatto di ciascun scenario ed il comportamento in

termini di efficienza del sistema. Dallo studio dei risultati finali e valutando il modo in cui essi mutano al variare di parametri inerenti alla progettazione ed alla logistica, è possibile ottimizzare il funzionamento dell'impianto nonché i vari processi che avvengono all'interno dello stesso. Una stima accurata dell'efficienza di produzione può essere determinata considerando parametri chiave quali i flussi di ciascun ramo di estrazione, il titolo degli elementi costituenti il prodotto ed i vincoli di produzione. Il pacchetto di simulazione riesce a filtrare tutti i parametri interconnessi che hanno impatto sulle prestazioni del sistema.



Figura 0.4 - MAROS Logo

3.7.1 Caratteristiche MAROS

La progettazione dell'impianto, lo svolgimento delle procedure operative insieme ad una strategia di manutenzione capillare sono solo alcuni degli elementi sui cui si basa la quantificazione e l'ottimizzazione dei fattori di produttività.

Di seguito si elencano alcune delle potenzialità di MAROS:

- **Return on investment**

MAROS consente agli utenti di includere aspetti finanziari per eseguire analisi di costi/benefici al fine di investigare sulle diverse alternative di progettazione.

- **Optimising**

Permette l'individuazione di eventi critici nel sistema, inoltre la quantificazione dei vincoli del sistema permette agli utenti di ottimizzare la progettazione.

- **Exensive**

Il software permette agli utenti di acquisire una vasta gamma di condizioni e configurazioni (es: flaring , time varying flow rate) al fine di modellare accuratamente il funzionamento reale di un sistema.

- **Flexible**

L'utilizzo della logica Booleana permette l'impostazione di configurazioni complesse.

- **Usable**

MAROS è un software user-friendly con un'interfaccia molto intuitiva ed utile per i professionisti del settore nell'aiuto alla rappresentazione della realtà nella miglior maniera possibile.

- **Long experience**

Software sviluppato più di trent'anni fa per permettere ai propri consulenti i quali lavorano con le principali aziende del settore Oil and Gas di approcciarsi ai problemi in maniera propositiva.

- **Extendable**

I risultati prodotti dal software possono essere esportati a differenti format, così da consentire agli utenti di utilizzare input più o meno customizzati e presentare i risultati in diversi modi.

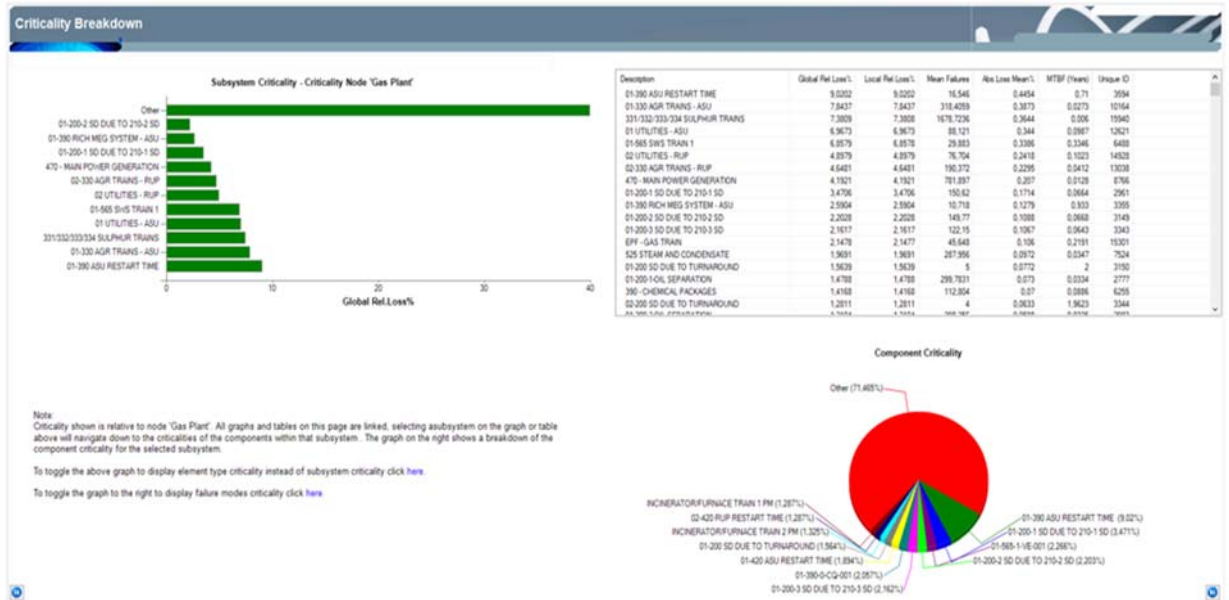


Figura 3.5 – Esempio di report di Simulazione

CAPITOLO 4
CMMS - Computerized Maintenance Management System

4.1 Introduzione

L'avvento dei sistemi informatici e dell'automazione nel corso degli ultimi decenni oltre che rivoluzionare le vite degli individui ha assunto una valenza strategica sia nelle industrie manifatturiere che di servizi.

Relativamente alle attività manutentive l'impatto dello sviluppo tecnologico si è presentato sotto forma di sistemi di supporto alla gestione ed all'esecuzione di queste attività tramite i cosiddetti CMMS (Computerized Maintenance Management System).

4.2 Definizione

Essenzialmente, si tratta di un sistema complesso e spesso modulare di applicazioni software, opportunamente predisposte che permette all'organizzazione aziendale di gestire la manutenzione di attrezzature e servizi offrendo supporto al management e tracciando le attività operative e manutentive.

Un CMMS monitora lo stato dei lavori di manutenzione sugli asset aziendali ed i relativi costi. Inoltre esso fornisce report utili in modo da sviluppare decisioni in merito all'organizzazione ed al personale, gestire le risorse dell'organizzazione, e di strutturare ed utilizzare cruscotti di indicatori che misurino la reale efficienza ed efficacia delle operations.

I primi sistemi CMMS sono stati utilizzati nel settore ospedaliero per la manutenzione di tutte quelle attrezzature le quali se avessero avuto guasti improvvisi avrebbero potuto originare scenari critici per la sopravvivenza stessa dei pazienti. Da questo ambito ristretto, i sistemi CMMS si sono successivamente diffusi in quasi tutti i sistemi aziendali, fornendo uno strumento molto valido per incrementare efficienza, produttività ed anche un adeguato ritorno economico. Parallelamente, l'adozione quasi universale delle norme ISO 9002, che contemplano esplicitamente l'uso di procedure standardizzate ed efficienti di gestione della documentazione, ha fornito un ulteriore incentivo all'incremento di un numero sempre

maggior di software commerciali, più o meno sofisticati, che, pur differendo tra loro anche in modo sostanziale, sono classificati universalmente come CMMS.

Le tipologie di questi sistemi informativi hanno un numero abbastanza elevato di obiettivi, quali, ad esempio, la capacità di consentire l'individuazione delle criticità principali in modo da attuare politiche di miglioramento continuo e l'evidenziazione delle principali fonti di variabilità. Ulteriori vantaggi provengono dall'elevato livello di supporto fornito alla gestione degli interventi di manutenzione (es: impiego di risorse, etc.) e dalla intrinseca capacità propria di queste tecnologie di conservare in modo adeguato il patrimonio di conoscenze che si accumulano durante l'esercizio (Know-how). Infine, se utilizzati in modo opportuno, i CMMS forniscono gli elementi per coordinare gli interventi di manutenzione con il comportamento effettivo delle macchine.

I CMMS hanno un'importanza rilevante nel ruolo fondamentale di mantenimento delle logiche dei processi aziendali e del know-how accumulato, pertanto il software applicativo è solo un elemento del sistema informativo aziendale. Al suo interno sono definiti i ruoli degli operatori, le modalità con cui interagiscono, e le procedure con cui devono essere svolti i processi manutentivi. L'acquisto del software deve essere contemporaneo alla revisione di questi processi.

In questo contesto l'ingegneria di manutenzione rappresenta la branca principale dell'ingegneria in cui nel suo processo chiave rientrano la guida delle strategie manutentive, il miglioramento delle prestazioni impiantistiche, la formazione degli operatori, la pianificazione degli interventi manutentivi, il coordinamento e la finalizzazione dell'impiego del sistema informativo. La manutenzione, pertanto, avrà un grado di interconnessione con i sistemi informatici sempre più minuzioso, con un miglioramento dell'efficienza operativa, una maggiore efficacia nel monitoraggio dei parametri del business e della diagnostica, una maggiore integrazione del sistema informativo nel sistema aziendale.

Il modello Strategic Asset Management (SAM) di Strategic Assets Management Inc. (SAMI), schematicamente rappresentato in figura 4.1, fornisce un esempio calzante di modello per la gestione completa della manutenzione. Si osserva che un management efficace è costituito da 5 fasi fondamentali, che dirigono step by step dall'implementazione della manutenzione preventiva all'obiettivo finale dell'eccellenza operativa. Ogni singola fase, forma la base su cui

poggiano le successive e che i CMMS costituiscono effettivamente uno dei pilastri dell'intero sistema.

Il ritorno economico che può essere conseguito dall'implementazione di tali metodologie, almeno secondo quanto promesso dai produttori dei software, fornisce non poche giustificazioni agli investimenti iniziali necessari. Il periodo di recupero del capitale iniziale a cui si fa riferimento solitamente non supera i tre anni ed in generale l'intero sistema aziendale verrà condotto ad una serie abbastanza estesa di vantaggi; si elencano i seguenti:

- incremento della produttività;
- incremento della disponibilità delle macchine (miglioramento della pianificazione degli interventi manutentivi);
- incremento dell'affidabilità (identificazione delle cause di guasto più importanti);
- riduzione del costo di lavoro diretto;
- riduzione del dead-stock e del livello di slow-moving items;
- miglioramento del livello di sicurezza;
- miglioramento delle procedure di lavoro;
- miglioramento della qualità;

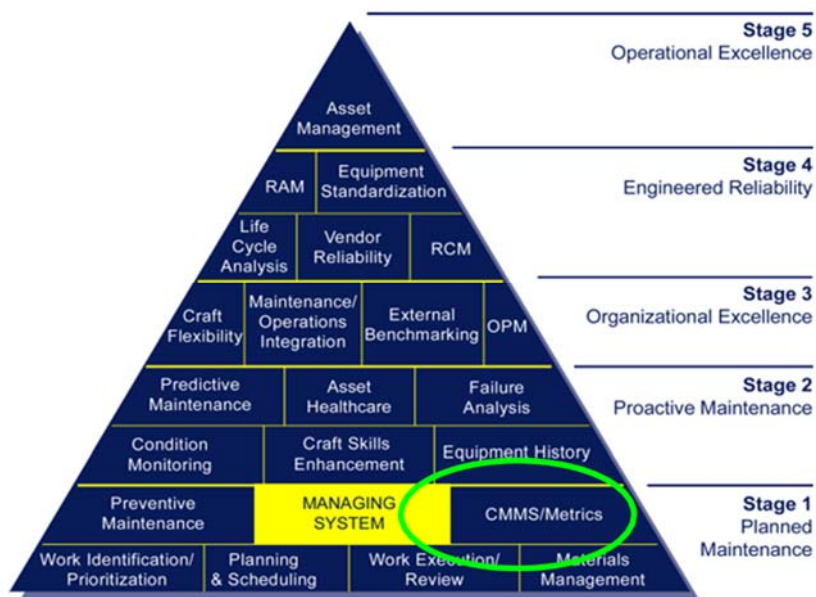


Figura 4.1 - Modello Strategic Asset Management (SAM)

In ogni caso, la promozione e l'incoraggiamento al perseguimento di pratiche di manutenzione corrette (che rappresentano l'obiettivo del TPM) rimane il beneficio più significativo tra quelli elencati precedentemente. Per conformarsi ai requisiti del software le procedure vengono formalizzate ed organizzate accuratamente, la gestione e la raccolta dei dati diviene rigorosa ed attenta, le informazioni che possono essere estratte dai dati storici accumulati sono più semplici e tempestive.

Nel settore manutentivo, ciò nonostante, il sistema informativo non ha mai assunto un ruolo prioritario e di grande rilevanza, così come invece è avvenuto per altri settori.

Riassumendo, una considerazione finale che può essere fatta è la seguente: un sistema applicativo come il CMMS può dare un valido contributo alla riprogettazione della manutenzione. Per permettere questo tipo di applicazione, esso deve essere modulare, orientato alla gestione della manutenzione, alla individuazione delle anomalie e dei segnali deboli, al monitoraggio delle prestazioni. A questo scopo l'ultima generazione di questi sistemi, sviluppatasi negli ultimi anni, prevede invece l'utilizzo della tecnologia Cloud per supportare i servizi di Maintenance Management, in modo da renderne l'utilizzo estremamente semplice e permettere l'accesso pressochè ubiquo alle informazioni necessarie consentendo facili collegamenti fra customer e supplier.

4.3 Moduli componenti del CMMS

I primi Computerized Maintenance Management Systems erano sistemi molto semplici nati con l'obiettivo di assistere il personale operativo in interventi manutentivi abbastanza prevedibili.

Con il passare del tempo, tuttavia, questi applicativi si sono evoluti fino a comprendere un'ampia gamma di funzionalità quali:

- *gestione del contatto con il cliente* – la maggior parte delle richieste di servizio sono avviate attraverso un Contact Center che:
 - riceve e gestisce in maniera efficace ed efficiente le informazioni provenienti dai differenti canali di comunicazione a disposizione del cliente;
 - risolve le problematiche registrate oppure si integra con il processo di gestione della forza-lavoro operativa;
 - tiene traccia delle informazioni relative ai clienti ed ai relativi contratti;
- *gestione degli asset* – la cernita e la conservazione di informazioni relative alle macchine ed alle attrezzature è un costituente fondamentale nello sviluppo del piano manutentivo dal momento che identifica sia le caratteristiche operative che strutturali dell'entità sia il log degli interventi effettuati sulla stessa;
- *pianificazione della manutenzione programmata* – la programmazione delle attività manutentive definisce una lista di attività preventive per ogni componente dell'entità in carico all'azienda. Una simile gestione costituisce un ausilio fondamentale per la gestione dei carichi di lavoro del personale in campo, assicurandosi al tempo stesso che nessuna delle attività previste da contratto venga trascurata;
- *gestione di ordini di lavoro* – In teoria, il livello di lavoro non pianificato dovrebbe tendere a zero, ma, generalmente, l'obiettivo può considerarsi raggiunto se la percentuale di lavoro programmato supera il 90%. Pertanto, unitamente alle attività programmate, nasce l'esigenza di manutenzione correttiva e la conseguente necessità di gestire processi che richiedono un solido sistema informativo quali:
 - creazione di nuovi ordini di lavoro;
 - riassegnazione di ordini di lavoro sospesi in base alla priorità;
 - verifica dello stato dell'intervento e dei dettagli dell'ordine di lavoro a fini statistici;
 - chiusura dell'ordine di lavoro.
- *gestione ed allocazione delle risorse* – uno dei maggiori benefici nell'utilizzo di sistemi CMMS è la capacità di tener traccia di tempi e costi della forza-lavoro. Ciò può realizzarsi attraverso varie tecnologie come, ad esempio, badge ed utilizzo di dispositivi mobile o PC-based;
- *monitoraggio delle condizioni* – consiste nella valutazione delle condizioni di un impianto o apparato ottenuta mediante sensoristica sofisticata. Avendo sotto

controllo in ogni istante e in tempo reale le condizioni dell'impianto è possibile prevenire i guasti ed effettuare un intervento manutentivo soltanto in presenza di una avaria potenziale e/o quando risulti compatibile e conveniente con la produzione.

- *gestione e movimentazione dei materiali* – La corretta gestione del magazzino delle parti di ricambio è critica per il funzionamento dell'intero sistema di gestione della manutenzione. Tale processo consente di ridurre i costi di inventario e di ottimizzare le scorte a disposizione del manutentore fornendo la gestione dell'intero flusso di richieste in entrata ed in uscita, al fine di informare in maniera dettagliata anche il cliente stesso sullo stato delle sue richieste.
- *analisi statistica e reporting* – il maggior vantaggio pratico derivante dall'utilizzo di un CMMS risiede nella possibilità di condurre una serie di analisi approfondite sui dati che sono stati raccolti e memorizzati nel data-base. Un sistema CMMS efficace dovrebbe essere sempre in grado di fornire all'analista risposte immediate sulla situazione e sulle performance del sistema gestito e dell'attività di manutenzione, al fine di dare un cospicuo supporto sia al processo decisionale sia al controllo e alla valutazione delle performance aziendali.

CAPITOLO 5
CASO STUDIO - Composizione del CMMS sull'unità 460 - Aria
Compressa

5.1 Introduzione

Zohr, il giacimento super-giant a gas situato nel blocco di Shorouk nell'offshore dell'Egitto a circa 190 chilometri a nord di Port Said, rappresenta la più grande scoperta di gas (compiuta da ENI) mai realizzata nel Mar Mediterraneo. Scoperto ad agosto 2015, e ottenuto l'autorizzazione all'investimento dopo soli 6 mesi, nel febbraio del 2016 aveva un potenziale di oltre 850 miliardi di metri cubi di gas in posto (circa 5,5 miliardi di barili di olio equivalente) e sarà in grado di soddisfare parte della domanda egiziana di gas naturale per i prossimi decenni.

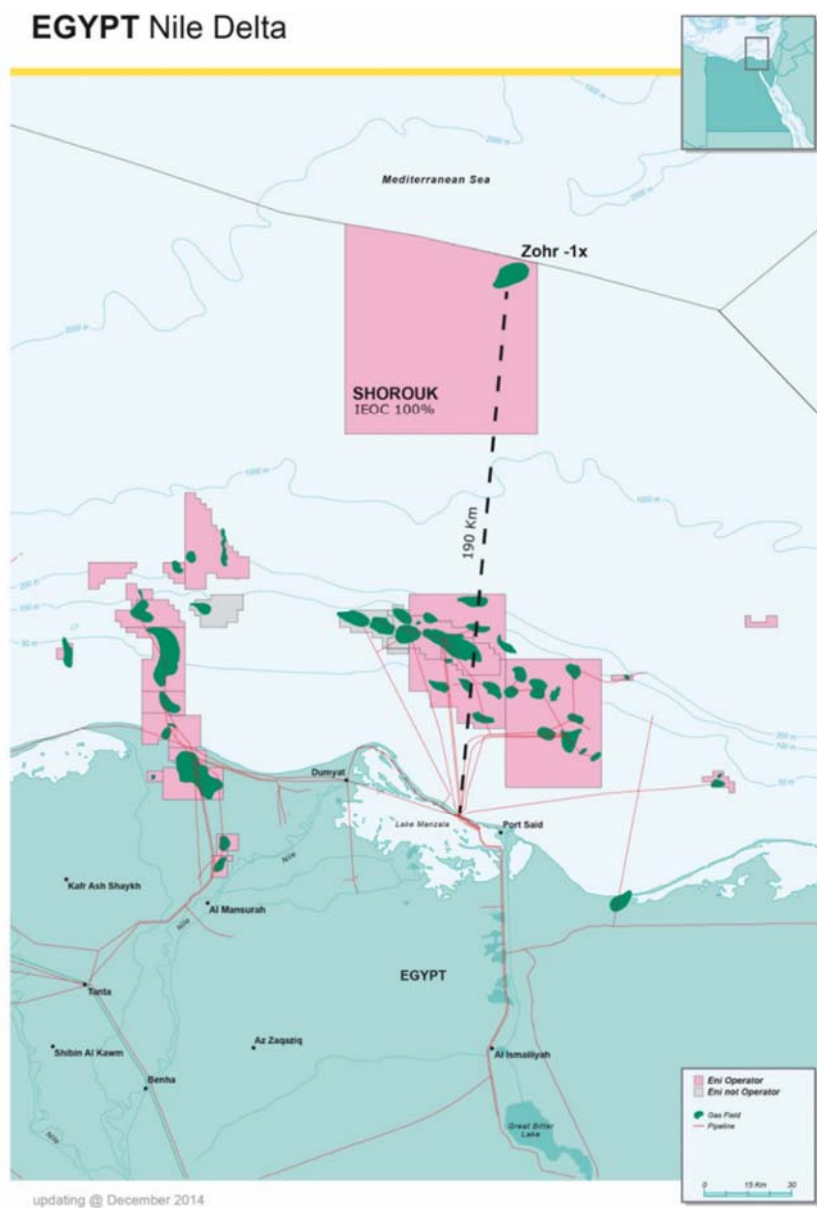


Figura 5.1 - Identificazione dei giacimenti di idrocarburi in Egitto

Eni è presente in Egitto dal 1954, dove è il principale produttore con circa 360.000 barili di petrolio equivalente al giorno di produzione netta, destinata a crescere ulteriormente grazie all'incremento della produzione di Zohr. Il super-giant a gas è uno dei 7 progetti record di Eni caratterizzato da sviluppo e messa in produzione in tempi rapidi (è stato avviato in meno di 2 anni e mezzo) ed è la testimonianza del successo del Dual Exploration Model della azienda di San Donato Milanese, adottato dalla società dal 2013.

Questo approccio si basa su un principio semplice: mentre si accrescono le riserve di idrocarburi attraverso i successi esplorativi, si trae vantaggio dalla monetizzazione anticipata ottenuta attraverso la cessione di quote di minoranza, mantenendo comunque il controllo e l'operatorship dell'asset. Conducendo in parallelo le fasi di esplorazione, di appraisal e di sviluppo, il time-to-market è più rapido e c'è una riduzione dei costi per la messa in produzione delle scoperte e un cash flow anticipato. Questa combinazione vincente ha permesso alla società di generare tra il 2014 e il 2017 circa 9 miliardi di dollari dalle attività di esplorazione. Tornando a Zohr, Eni possiede una quota di partecipazione del 50% nella concessione Shorouk, Rosneft il 30%, BP il 10% e Mubadala Petroleum il 10%. La società è co-operatore del progetto attraverso Petrobel, detenuta pariteticamente da Eni e dalla società di stato Egyptian General Petroleum Corporation (EGPC), per conto di Petroshorouk, una società detenuta pariteticamente da Eni e dalla società di stato Egyptian Natural Gas holding Company (EGAS).

Fornendo qualche dato in termini di produzione si può affermare che nello scorso agosto Zohr ha raggiunto i 2,7 miliardi di piedi cubi di gas al giorno, circa cinque mesi in anticipo rispetto al Piano di Sviluppo. Questo eccezionale risultato è stato ottenuto a seguito del completamento di tutte le otto unità di trattamento a terra – l'ultima delle quali completata e avviata ad aprile 2019 – e di tutti i sistemi di produzione dello zolfo ad agosto, l'avvio della produzione di due pozzi nel culmine meridionale del giacimento e l'avvio, il 18 agosto 2019 del secondo gasdotto da 30'', lungo 216 chilometri, che collega gli impianti di produzione sottomarini all'impianto di trattamento a terra.

Il nuovo gasdotto, con il completamento e l'ottimizzazione della capacità di trattamento degli impianti a terra, ha permesso l'aumento potenziale della produzione fino a 3,2 miliardi di piedi cubi di gas al giorno.

5.2 Obiettivo del progetto

L'intero impianto di trattamento a terra del gas naturale - situato a Port Said - è suddiviso in unità di processo, ognuna delle quali svolge determinate funzioni. Di seguito viene mostrata una tabella in cui sono elencate le varie unità e la loro funzione associata.

Tabella 5.1 - Elenco Unità Funzionali impianto Zohr

Unit	Function
190	Pig Receivers/Launchers
199	Slug Catchers
230	Flare, Vent and Blowdown
330	Gas Sweetening/Acid Gas Removal (AGR)
331	Sulphur Recovery Unit (SRU)
332	Tail Gas Treatment Unit (only Storage)
334	Sulphur Forming Facilities
340	Dew Point Control
360	Sales Gas Metering System
390	Glycol for Hydrate Inhibition (MRU)
420	Fuel Gas
430	Diesel Fuel
460	Compressed Air
470	Main Electric Power Generation
480	Emergency Electric Power Generation
520	Service Water
522	Demineralized Water
525	Steam and Condensate
530	Fresh Water
540	Open Drains
550	Closed Drains
556	Fluid Effluent Treatment
565	Sour Water Stripper (SWS)
570	Sanitary Discharge Treatment and Storage
600	Inert Gas
730	Water/Foam Firefighting

Il presente elaborato è stato realizzato con la collaborazione del team di progetto dell'azienda Pansoinco, una società che si occupa di ingegneria di manutenzione con un'esperienza trentennale nel settore dell'Oil and Gas.

Pansoinco si occupa di studi RAM, di ottimizzazione dei ricambi, di implementazione di piani di manutenzione ed ispezione e di gestione della manutenzione operativa.

Il case study è stato incentrato sull'unità funzionale 460, unit che genera aria compressa, di vitale importanza per il funzionamento dell'intero impianto. Le finalità del progetto sono esplicate attraverso un corretto e minuzioso popolamento dei moduli tecnici reattivi all'analisi CMMS al fine di massimizzare la produzione e l'affidabilità dell'unità in modo consistente preservando la sicurezza e riducendo i costi di manutenzione, oltre che a proteggere e preservare l'integrità strutturale dell'impianto (Asset Integrity).

Dato che la suddetta unità è composta da numerosissimi componenti, per snellire e render chiara la procedura di una corretta composizione del CMMS, sono stati scelti solo alcuni di questi sui quali è stata fatta l'intera analisi.

5.3 Unit 460 – Compressed Air

Relativamente all'unità 460 dell'aria compressa è utile, per completezza di trattazione, descrivere in breve da quali main equipments è composta e la sua funzione in breve.

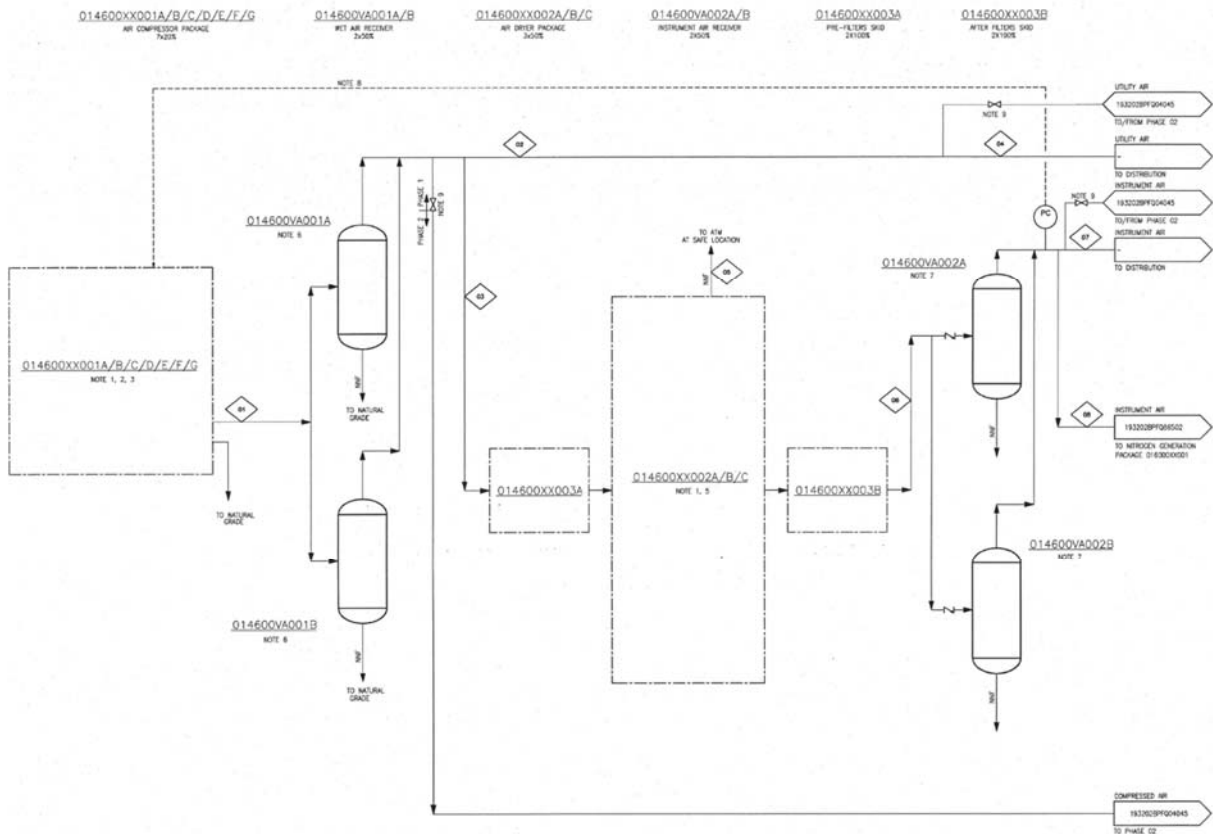


Figura 5.2 - Process flow diagram - Unit 460

Il PFD (Process Flow Diagram) raffigurato in Fig 5.2 mostra in maniera compatta lo schema di processo dell'unità 460 e la disposizione/configurazione dei vari 'package' all'interno di tale unit.

I compressori e i gruppi accessori di trattamento dell'aria sono spesso montati come unità dotata di proprio basamento (package), che non richiede fissaggio al terreno e può essere facilmente spostato. Si ottengono quindi unità di compressione autonome eventualmente racchiuse dentro appositi contenitori fonoisolanti per attutire gli effetti della rumorosità e collocate in prossimità dei siti di utilizzazione.

Si noti che partendo da sinistra avremo i packages di compressione, composti da sette unità di compressori volumetrici a vite oil-free (manufacturer: Ingersoll rand; Potenza: 309kW; Portata: 2020Nm³/h; Pressione di mandata: 10 barg) disposti in configurazione 7x20% ovvero

ognuna delle unità assolve il 20 % del lavoro totale, in questo modo ci saranno sempre due packages in fermata, a disposizione per qualunque evenienza.

L'intera portata verrà immagazzinata in due serbatoi pressurizzati di aria umida posti in parallelo (Wet Air Receivers) in configurazione 2x50% i quali hanno il compito di assicurare alla rete portata e pressione costante e di limitare l'intervento di regolazione sui compressori; inoltre permettono di evitare frequenti interruzioni degli stessi portando ad un risparmio energetico e, di fondamentale importanza, assicurano la separazione della condensa. Successivamente, prima dell'ingresso nel package di disidratazione dell'aria è presente un sistema di filtraggio (configurazione 2 x 100%) per la rimozione di agglomerati di contaminanti quali polveri, particelle metalliche, etc.

Gli essiccatori sono elementi indispensabili negli impianti ad aria compressa poiché garantiscono la sicurezza di essi e delle entità che vengono installate. I problemi che questo apparato è in grado di fronteggiare riguardano l'umidità dell'aria ed, in particolare, la condensa che si genera durante il processo di compressione.

L'aria è formata da una miscela di gas e da una parte di vapore acqueo che si trasforma in condensa quando si abbassa la temperatura. Durante il processo di compressione, l'aria si riscalda notevolmente e successivamente viene raffreddata per essere utilizzata. In questa ultima fase, l'acqua che era sospesa sotto forma di vapore precipita, portando ad una concentrazione di umidità nell'aria compressa notevole, la quale può generare problematiche come il deterioramento del circuito di distribuzione e degli strumenti pneumatici che vengono installati su di esso. Nel caso in esame sono presenti tre packages di disidratazione in configurazione 3x50% in ognuno dei quali è presente una coppia di essiccatori ad assorbimento, in cui l'umidità residua è sottratta all'aria sfruttando il forte potere assorbente del gel di silice, sostanza fortemente igroscopica.

A valle dell'unità di disidratazione dell'aria ci sarà un ulteriore sistema di filtraggio seguito da una coppia di Air Dryer Receiver o Instrument Air Receiver i quali conterranno aria compressa pulita e trattata adeguatamente, pronta per la distribuzione alle varie utenze tra le quali figura il package relativo alla generazione di azoto (Unit 600). Anch'essi sono entrambi posti in parallelo in configurazione 2x50% come i Wet Air Receiver descritti precedentemente. Ed è proprio nel P&ID mostrato in Figura 5.3, che ha come main Equipment i due serbatoi in

pressione di aria secca, che sono stati scelti in maniera del tutto arbitraria alcuni componenti su cui è stata fatta l'intera analisi di composizione del CMMS. Relativamente al suddetto P&ID, esso mostra, oltre alla coppia di Instrument Air Receiver che smaltiscono l'intera portata proveniente dai packages di compressione, due linee di processo in cui è interessante sottolineare che sulla distribuzione che porta al package di generazione dell' azoto il trasmettitore di pressione non comanda nessuna logica di spegnimento, viceversa per il ramo che porta alla distribuzione dell'aria strumenti (che controlla tutte le valvole pneumatiche installate, oltre ad altri strumenti) i trasmettitori comandano una logica di spegnimento '2 out of 3' che si basa su un allarme di bassa pressione.

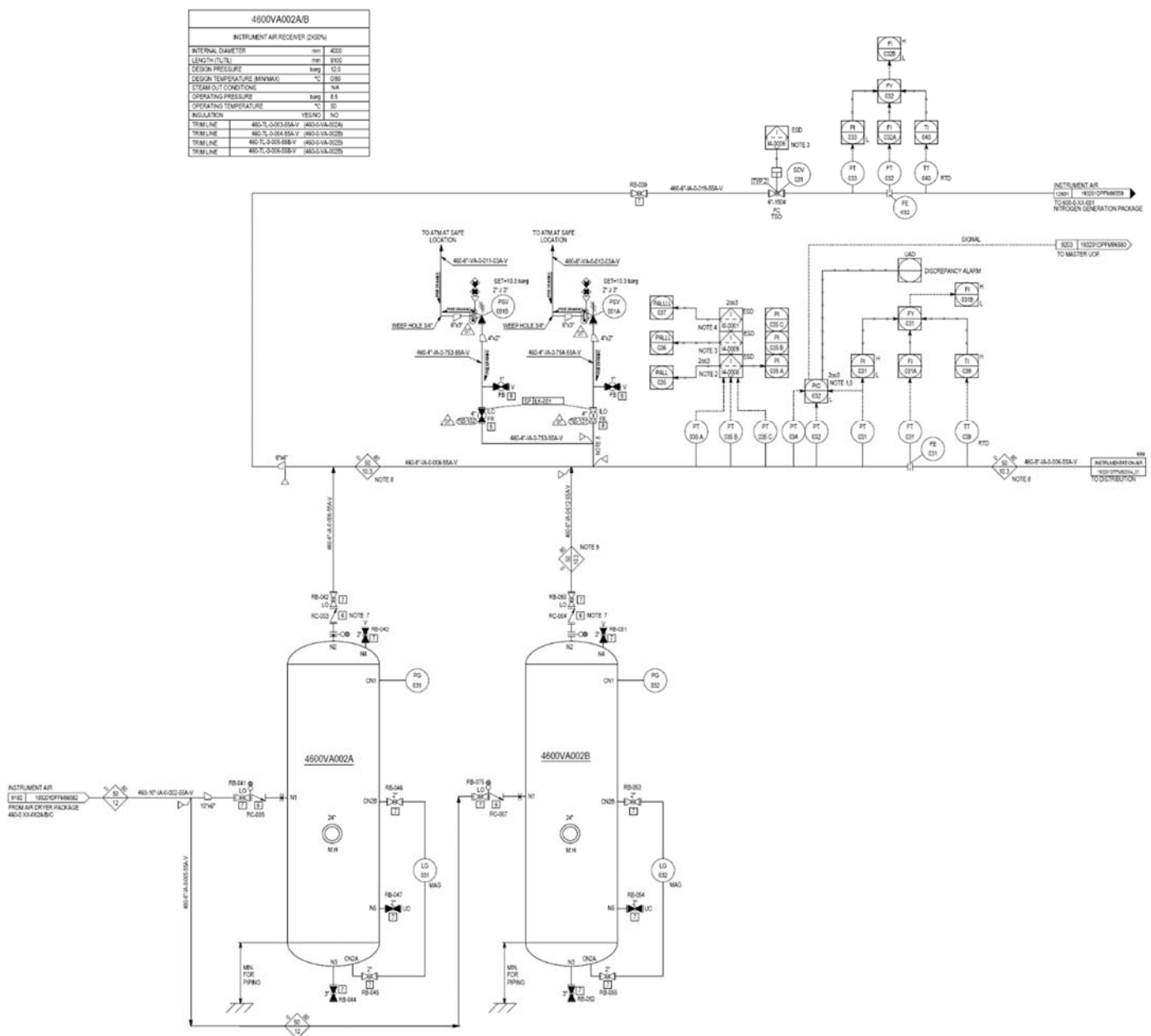


Figura 5.3 - Piping and Instrumentation Diagram porzione Unit 460

Gli elementi scelti per l'analisi sono:

- XX001A - Air Compressor Package
- VA002A – Instrument Air Receiver
- VA002B – Instrument Air Receiver
- FT031 - Flow Transmitter
- FT032 - Flow Transmitter
- LG031 - Level Gauge
- PT032 - Pressure Transmitter
- RB042 - Ball Valve
- RB043 - Ball Valve
- RC003 - Check Valve
- RC005 - Check Valve
- SDV031 - Shut Down Valve
- ZSH031 - Position Switch High
- ZSL031 - Position Switch Low
- PSV001A - Pressure Safety Valve
- RB002 - Ball Valve
- RB004 - Ball Valve
- TT001 – Temperature Transmitter
- TT002 - Temperature Transmitter

5.4 Analisi CMMS

Per tale progetto ci si è riferiti agli standard adottati da Eni Progetti S.p.A., società del gruppo Eni, controllata al 100%, e impegnata nei servizi di ingegneria per Eni. Come già ampiamente descritto in precedenza CMMS è il termine con il quale si identifica generalmente la gestione computerizzata di tutte le attività manutentive servendosi di tool informatici, spesso integrati con l'Enterprise Resources Planning (ERP), un sistema che consente di controllare e gestire tutti i processi aziendali e sul quale passa tutto il “midollo” informativo, organizzativo e operativo.

Al fine di garantire un servizio di manutenzione adeguato, tutti i dati necessari per il popolamento dei moduli tecnici relativi al CMMS devono essere collezionati, correttamente ordinati durante lo sviluppo delle fasi del progetto e consegnati al team responsabile della

gestione del software per essere inseriti come input nello stesso. Tutti i costruttori, venditori, EPC contractors (Engineering, Procurement & Construction Contractor, figura che si impegna a curare l'installazione, la ricerca dei materiali e la costruzione del progetto assegnatogli) ed i subappaltatori del progetto sono coinvolti nella ricerca dei dati per una buona implementazione del CMMS e creare, in primis, una struttura gerarchica dell'Asset Register. E' dunque responsabilità delle figure sopra citate di:

- Raccogliere dati dai relativi fornitori;
- Gestire i suddetti dati tenendo in considerazione che saranno, in seguito, convalidati dal cliente del progetto (nel caso in esame è Petrobel).

I moduli tecnici che sono stati popolati al fine di gestire al meglio il servizio manutentivo sono sotto elencati:

- ✓ Functional Locations Template.
- ✓ Equipments Template.
- ✓ Bill of Materials Template.
- ✓ Measuring Points Template.
- ✓ Standard Texts.
- ✓ Task List Template.
- ✓ Maintenance Items Template.
- ✓ Maintenance Plan Template.
- ✓ Object List Template.

I principali contenuti trattati saranno:

- *Identificazione degli elementi dell'impianto:*
i quali sono di interesse per le attività di manutenzione, pertanto si definiscono le Sedi Tecniche ed i relativi Equipment associati che devono essere considerati nella raccolta dei dati nonché le rispettive parti di ricambio.
- *Definizione della struttura gerarchica e dei vari livelli:*
sia per le Sedi Tecniche che per gli Equipment.
- *Identificazione della struttura dei piani di manutenzione e di ispezione;*

- *Definizione dei criteri metodologici da seguire per strutturare e sviluppare piani di manutenzione e ispezione ottimizzati per gli items/equipment identificati;*
- *Creazione dei Work orders attraverso SAP.*

5.4.1 Asset Register

5.4.1.1 Functional Location

La struttura di un qualsiasi impianto industriale viene definita attraverso la determinazione delle Functional Location (o Sedi Tecniche), che definiscono la posizione logico-funzionale dell'oggetto di manutenzione. Esse vengono utilizzate per rappresentare un impianto, o parte di esso, una linea di macchine, o una sezione di essa sulla quale sono installati dei componenti, soggetti ad attività manutentive. Le Sedi Tecniche rappresentano quindi le entità base del CMMS relativamente alla struttura degli asset su cui si svolgono interventi di manutenzione. Ogni Functional Location può essere organizzata su più livelli in cui è suddivisa la sede di produzione aziendale, i quali consentono di individuare, in modo gerarchico, la composizione e la strutturazione delle singole anagrafiche soggette ai processi manutentivi; pertanto la struttura degli impianti è regolata da un attributo caratteristico delle Sedi Tecniche definito "Codice Struttura"; quest'ultimo è fondamentale in quanto serve a definire il tipo di codifica che dovranno avere i vari livelli delle Functional Location ed il numero massimo di livelli che costituiscono una Sede Tecnica.

Nel caso in esame la struttura gerarchica per il "Codice Struttura" adottata da Eni è la seguente:

- **1932** - Zohr Plant - Identificazione dell'intero impianto onshore;
- **01** - ASU phase - Prima fase temporale e produttiva d'impianto (Accelerated Start Up);
- **460** - Unit – Unità di processo dell'impianto;

- **0** - Train - Treno: linea di processo composta da un certo numero di componenti; spesso ridondante;
- **VA002A** - Superior Functional Location - Livello gerarchico che identifica il Main Equipment;
- **RB042** - Subitem - Ilivello gerarchico inferiore che identifica i subitem associati al Main Equipment.

L'individuazione della Functional Location sulla documentazione tecnica (ad es: P&IDs) è espressa attraverso il codice alfanumerico precedentemente descritto ed è anche riportato fisicamente su ogni oggetto fisico in campo; qual' ora ci fossero items non "taggati" 'on field' è opportuno aggiornare la MEL (Master Equipment List, la quale è una lista composta da tutti gli items/equipment di interesse manutentivo; viene creata ai fini di una maggior organizzazione delle attività manutentive ed è essenzialmente una sezione ridotta dell' intero Asset Register) aggiungendo i componenti in questione, che poi verranno successivamente identificati con il rispettivo tag. Una volta che tutti i P&IDs e le diverse documentazioni tecniche sono a disposizione, questi ultimi vengono analizzati dal punto di vista manutentivo, evidenziando tutti gli items sensibili che saranno oggetto di manutenzione.

Tornando alla descrizione dell'anagrafica, dalla specifica ENI si evince che inizialmente ci sarà il popolamento del '*Functional Location Template*' le cui voci principali sono elencate di seguito:

- **Functional Location** (descritta precedentemente);
- **Functional Location Category:** indica la disciplina di manutenzione più adeguata relativa alla Functional Location (es: M= mechanical);
- **FL Long Description:** rappresenta la descrizione dettagliata della Sede Tecnica. Ha lo scopo di identificare un elemento nell'impianto e quindi nei relativi P&IDs, pertanto verrà descritto 'da' (FROM)e 'a'(TO) quale altro elemento è connesso l'item considerato; si riporteranno anche dati tecnici caratteristici dello stesso così come ad esempio il fluido vettore che attraverserà l'elemento. (es: PRESSURE SAFETY VALVE;I:1 1/2";O:3";#150;FOR VA002A/B;TO SAFE LOCATION;INSTRUMENTATION AIR);

- **FL Description:** è fondamentale una descrizione ridotta della FL Long Description (es: PSV 1-1/2"X3" 150# FOR VA002A/B;IA);
- **User Status:** rappresenta lo stato individuale di un componente/apparecchiatura. Si considerano elementi che vengono definiti OPER (operating items), OPMI (operating maintainable) o NOPE (not operating item);
 - OPER è utilizzato per le Functional Location che non sono soggette a manutenzione e che non hanno Equipment installati.
 - OPMI identifica una Functional Location che è soggetta ad attività manutentive.
 - NOPE è applicato a Functional Location che appartengono a parti dell'impianto smantellate o chiuse.
- **Main Work Centre:** rappresenta la suddivisione delle attività manutentive in base al settore/disciplina a cui si approccia la squadra di tecnici responsabile tenendo in considerazione inoltre il numero di operatori a disposizione per ogni Centro di Lavoro. Il cliente utilizza una propria codifica/descrizione del Centro di Lavoro la quale verrà utilizzata dagli analisti CMMS. Nel caso in esame è stato definito un codice 'parlante' a seconda di quale Functional Location Category si tratti ed alla tipologia di item considerata (per esempio per una valvola a sfera la codifica è la seguente: MECH-VALVE). Fondamentalmente il Main Work Centre definisce, in generale, chi è il responsabile di un'area, un equipment o una specifica attività; determina, in altre parole, la disciplina di manutenzione coinvolta nell'eseguire le operazioni di una determinata 'task list' o pacchetto di manutenzione il quale sarà oggetto di discussione in seguito. In particolare il Main Work Centre identifica l'attività predominante della task list, e chiunque sia il referente di quel determinato Centro di Lavoro sarà anche il responsabile della gestione e dell'esecuzione del complesso delle operazioni indicate nel ciclo manutentivo.

Tabella 5.2 Functional Locations Template



Functional Location	User Status	FL Category	Description	FL Long Text	Main Work Center
1932	OPER		ZOHR PLANT	ZOHR PLANT	
1932-01	OPER		ZOHR PLANT; PHASE 01 (ASU)	ZOHR PLANT; PHASE 01 (ASU)	
1932-01-4600	OPER		ZOHR PLANT; PHASE 01 (ASU);FFU460 (COMPRESSED AIR);TRAIN 0	ZOHR PLANT; PHASE 01 (ASU); FFU460 (COMPRESSED AIR); TRAIN 0	
1932-01-4600-VA002A	OPMI	M	VA;D:4.0M;H:9.1M;FROM DRYER;TO DISTR;IA	INSTRUMENT AIR RECEIVER; D:4.0M; H:9.1M; #150; FROM DRYER; TO DISTRIBUTION; NO; INSTRUMENT AIR	MECH-TANK
1932-01-4600-VA002A-FT031	OPMI	I	FT;1/2";FOR VA002A/B;TO PLC;IA	FLOW TRANSMITTER; 1/2"; #150; FOR VA002A/B; TO PLC; FLOW CONTROL; INSTRUMENT AIR	INST-STRU
1932-01-4600-VA002A-FT032	OPMI	I	FT;1/2";FOR VA002A/B;TO PLC;IA	FLOW TRANSMITTER; 1/2"; #150; FOR VA002A/B; TO PLC; FLOW CONTROL; INSTRUMENT AIR	INST-STRU
1932-01-4600-VA002A-LG031	OPMI	I	LG;2";FOR VA002A;IA	LEVEL GAUGE; 2"; #300; FOR VA002A; LEVEL CONTROL; INSTRUMENT AIR	INST-STRU
1932-01-4600-VA002A-PT032	OPMI	I	PT;1/2";FOR VA002A/B;TO PLC;IA	PRESSURE TRANSMITTER; 1/2"; FOR VA002A/B; TO PLC; PRESSURE CONTROL; INSTRUMENT AIR	INST-STRU
1932-01-4600-VA002A-RB042	OPMI	M	RB;6";FROM VA002A;TO DISTR;LO;IA	BALL VALVE; 6"; #150; FOR VA002A; FROM VA002A; TO DISTRIBUTION; LOCKED OPEN; INSTRUMENT AIR	MECH-VALVE
1932-01-4600-XX001A	OPMI	M	XX;AIR COMPRESSORS PACKAGE;4";#150;UA	ROTARY COMPRESSOR; 4"; #150; FROM AMB; TO UTILITY AIR RECEIVERS; UTILITY AIR	MECH-PUMP
1932-01-4600-VA002A-RC003	OPMI	M	RC;6";FROM VA002A;TO DISTR;NO;IA	CHECK VALVE; 6"; #150; FOR VA002; FROM VA002A; TO DISTRIBUTION; NO; INSTRUMENT AIR	MECH-VALVE
1932-01-4600-VA002A-RC005	OPMI	M	RC;6";FROM AIR DRYER;TO VA002A;NO;IA	CHECK VALVE; 6"; #150; FOR VA002; FROM AIR DRYER; TO VA002A; NO; INSTRUMENT AIR	MECH-VALVE
1932-01-4600-VA002A-SDV031	OPMI	I	SDV;6";FROM VA002A/B;TO N2 GEN;NO;FC;IA	SHUT DOWN VALVE; 6"; #150; FOR VA002A/B; FROM VA002A/B; TO N2 GENERATION; SHUT DOWN; NO; FC; PNEUMATIC; SINGLE EFFECT; INSTRUMENT AIR	MECH-VALVE
1932-01-4600-VA002A-SDV031-ZSH031	OPMI	I	ZSH;FOR SDV031;TO ESD;IA	POSITION SWITCH HIGH; FOR SDV021; TO ESD; INSTRUMENT AIR	INST-STRU
1932-01-4600-VA002A-SDV031-ZSL031	OPMI	I	ZSL;FOR SDV031;TO ESD;IA	POSITION SWITCH LOW; FOR SDV021; TO ESD; INSTRUMENT AIR	INST-STRU
1932-01-4600-VA002B	OPMI	M	VA;D:4.0M;H:9.1M;FROM DRYER;TO DISTR;IA	INSTRUMENT AIR RECEIVER; D:4.0M; H:9.1M; #150; FROM DRYER; TO DISTRIBUTION; 06A; NO; INSTRUMENT AIR	MECH-TANK
1932-01-4600-VA002A-PSV001A	OPMI	I	PSV 1-1/2"x3";150#;FOR VA002A/B;IA	PRESSURE SAFETY VALVE; 1 1/2"; O:3"; #150; FOR VA002A/B; TO SAFE LOCATION; SAFETY; H; INSTRUMENTATION AIR	INST-STRU
1932-01-4600-XX001A	OPMI	M	XX;AIR COMPRESSORS PACKAGE;4";#150;UA	ROTARY COMPRESSOR; 4"; #150; FROM AMB; TO UTILITY AIR RECEIVERS; DISCHARGE BLOW OFF; AUTOMATIC; UTILITY AIR	MECH-PUMP
1932-01-4600-XX001A-RB002	OPMI	M	RB;4";FROM XX001A;TO VA001A/B;NO;UA	BALL VALVE; 4"; #150; FOR XX001A; FROM XX001A; TO UTILITY AIR RECEIVERS-VA001A/B; PTB OPERATION; NO; UTILITY AIR	MECH-VALVE
1932-01-4600-XX001A-RB004	OPMI	M	RB;4";FROM XX001A;TO VA001A/B;NO;UA	BALL VALVE; 4"; #150; FOR XX001A; FROM XX001A; TO UTILITY AIR RECEIVERS-VA001A/B; PTB OPERATION; NO; UTILITY AIR	MECH-VALVE
1932-01-4600-XX001A-TT001	OPMI	I	TT;4";FOR XX001A;TO PLC;UA	TEMPERATURE TRANSMITTER; 4"; FOR XX001A; TO PLC; TEMPERATURE CONTROL; UTILITY AIR	INST-STRU
1932-01-4600-XX001A-TT002A	OPMI	I	TT;4";FOR XX001A;TO ESD;UA	TEMPERATURE TRANSMITTER; 4"; FOR XX001A; TO ESD; TEMPERATURE CONTROL; UTILITY AIR	INST-STRU

5.4.1.2 Equipment

Un altro elemento essenziale per la composizione del CMMS è l'Equipment. Si tratta di un singolo oggetto fisico su cui vengono eseguite attività manutentive ed è considerato come unità autonoma ed installato in relazione ad una Functional Location. La figura sottostante illustra brevemente la relazione tra "Functional Location-Equipment".

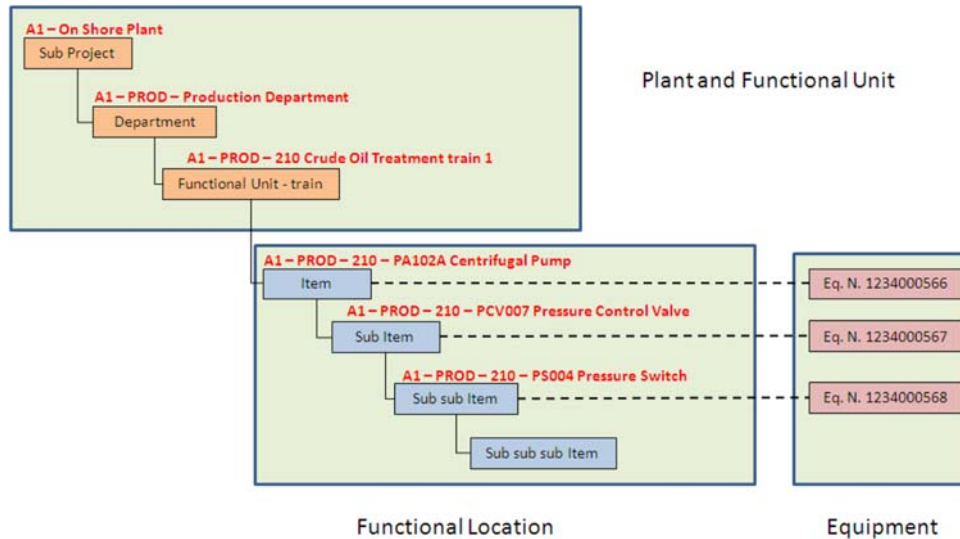


Figura 5.4 - Functional Location-Equipment relation

Relativamente al caso studio possiamo definire le voci principali che compongono l'Equipment Template', ossia il modulo tecnico successivo per l'analisi CMMS:

- **Equipment:** codifica composta da un numero progressivo assegnato ad ogni singolo item a fini identificativi per SAP PM;
- **Equipment Long Description:** la Long Text rappresenta la descrizione dettagliata delle caratteristiche tecniche del relativo item. E' essenzialmente strutturata come la Long Description della Functional Location con la differenza che per quest'ultima si concentra l'attenzione su una descrizione di posizione e gerarchica dell'item considerato mentre per la Long Text dell'Equipment ci si concentra sulla descrizione delle sue caratteristiche tecniche; inoltre non ha nessun vincolo riguardo il numero massimo di caratteri consentiti
(es: CHECK VALVE;6";#150;CHECK;D.TEMP:80/0°C;D.PRESS:12BARG;INSTRUMENT AIR);

- **Equipment Description:** è la descrizione ridotta della Long Text (es: RC;6";#150;IA);
- **Object Type:** definisce la tipologia di item per ogni Functional Location.(es: IR=Control and On-Off Valves). Questo campo viene riportato anche nel modulo precedente;
- **Manufacturer/Vendor:** il Manufacturer è il costruttore che ha realizzato l'Equipment considerato; il Vendor rappresenta il fornitore dell'Equipment/Componente richiesto. In alcuni casi Manufacturer e Vendor possono coincidere;
- **Manufacturer Model Number:** è la codifica con il quale il costruttore identifica il modello, il quale raggruppa tutti gli Equipment della stessa tipologia;
- **Manufacturer Serial Number:** è il numero con cui ogni costruttore identifica ogni singolo componente fisico appartenente allo stesso "model number". Questo campo è fortemente richiesto nel caso di macchine rotative, serbatoi pressurizzati, PSVs, Safety Equipment, etc;
- **Costruction Type (IBAU):** identifica il materiale di ricambio dell'Equipment inserito nella BOM. E' di notevole utilità quando ad esempio molti Equipment possono aver associata la stessa lista di ricambi. E' permesso un unico IBAU per ogni Equipment.
- **Equipment tag number:** è una codifica assegnata dai progettisti del plant per identificare il singolo componente fisico nell'impianto; è riportato sullo stesso in campo tramite una targa che contiene oltre al tag, il Serial Number, il Costruttore ed alcuni dai tecnici. Il codice è strutturato considerando la struttura gerarchica della Functional Location.

La scelta di associare ed installare un determinato Equipment alla sua sede tecnica consente di 'far parlare' il " Functional Location Tempalte" con quello relativo agli "Equipments", inoltre questo permette di popolare automaticamente alcune voci principali di entrambi i moduli tecnici come User Status, Object Type e Class la quale definisce a quale classe appartiene l'item considerato (es: PM_M_K = Compressor,Blowers,Fan).

Di seguito viene riportato il modulo tecnico degli Equipments relativo all'unità 460. Il popolamento di quest'ultimo è stato particolarmente impegnativo dal punto di vista delle tempistiche poiché i dati come quelli del Costruttore, Fornitore, Model number e Serial Number sono stati cercati ed individuati minuziosamente all'interno del Database Eni EDAM (Engineering Document Approval Managment).

Tabella5.3 - Equipments Template



Equipment	Equipment Description	Equipment Long Text	Object Type	Manufacturer	MNFR Model	Vendor	Functional Location	Construction Type	Equipment Tag Number
43	VA;D:4.0M;H:9.1M;#150;IA	INSTRUMENT AIR RECEIVER; D:4.0M; H:9.1M; #150; NO; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; 316SS; INSTRUMENT AIR	VA	PETROJET	VA016PJ	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A	VAX-SINERGIA-001	014600VA002A
71	FT;1/2";DP;316SS;IA	FLOW TRANSMITTER; 1/2"; DIFFERENTIAL PRESSURE; INTEGRATED WITH DIAPHRAGM; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; 316L; INSTRUMENT AIR	IT	FOXBORO	IMT25	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-FT031	FTX-SINERGIA-001	014600FT031
72	FT;1/2";DP;316SS;IA	FLOW TRANSMITTER; 1/2"; DIFFERENTIAL PRESSURE; INTEGRATED WITH DIAPHRAGM; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; 316L ; INSTRUMENT AIR	IT	FOXBORO	IMT25	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-FT032	FTX-SINERGIA-001	014600FT032
64	LG;2";MAGN;316TI;IA	LEVEL GAUGE; 2"; MAGNETIC; #300; FLOAT TYPE; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; 316TI; INSTRUMENT AIR	IT	WIKA	BNA	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-LG031	LGX-SINERGIA-001	014600LG031
65	PT;1/2";DP;2003;316SS;IA	PRESSURE TRANSMITTER; 1/2"; DIFFERENTIAL PRESSURE; 2003-INTEGRATED WITH DIAPHRAGM; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; 316SS; INSTRUMENT AIR	IT	FOXBORO	IGP20	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-PT032	PTX-SIERGIA-001	014600PT032
56	RB;6";#150;IA	BALL VALVE; 6"; #150; BALL; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; INSTRUMENT AIR	RB	PIETRO FIORENTINI	TRUNNION	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-RB042	RBX-SINERGIA-001	014600RB042
57	RB;3";#150;IA	BALL VALVE; 3"; #150; BALL; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; INSTRUMENT AIR	RB	PIETRO FIORENTINI	TRUNNION	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-RB043	RBX-SINERGIA-001	014600RB043
62	RC;6";#150;IA	CHECK VALVE; 6"; #150; CHECK; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; INSTRUMENT AIR	RC	PIETRO FIORENTINI	F31052	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-RC003	RCX-SINERGIA-001	014600RC003
63	RC;6";#150;IA	CHECK VALVE; 6"; #150; CHECK; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; INSTRUMENT AIR	RC	PIETRO FIORENTINI	F31052	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-RC005	RCX-SINERGIA-001	014600RC005
74	SDV;6";#150;A350;IA	SHUT DOWN VALVE; 4"; #150; BALL-TSO; PNEUMATIC; SINGLE EFFECT; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:FV/12BARG; A350-LF2; INSTRUMENT AIR	IR	DAFRAM	TR1FA	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-SDV031	SDV-SINERGIA-001	014600SDV031
81	ZSH;MAGNETIC;IA	POSITION SWITCH HIGH; SPDT-MAGNETIC; INSTRUMENT AIR	IT	DAFRAM	TR6JC	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-SDV031-ZSH031	SDV-SINERGIA-002	014600ZSH031
75	ZSL;MAGNETIC;IA	POSITION SWITCH LOW; SPDT-MAGNETIC; INSTRUMENT AIR	IT	DAFRAM	TR6JC	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-SDV031-ZSL031	SDV-SINERGIA-002	014600ZSL031
54	VA;D:4.0M;H:9.1M;#150;IA	INSTRUMENT AIR RECEIVER; D:4.0M; H:9.1M; #150; 06A; NO; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; SS316; INSTRUMENT AIR	VA	PETROJET	VA016PJ	SINERGIA	1932-01-4600-VA002B	VAX-SINERGIA-001	014600VA002B
55	PSV;I:1 1/2" O:3";UA	PRESSURE SAFETY VALVE; I:1 1/2"; O:3"; #150; INSTRUMENTATION AIR	IR	TAI MILANO	274-H	SINERGIA	1932-01-4600-VA002A-PSV001A	PSV-SINERGIA-001	014600PSV001A
56	XX;AIR COMPRESSORS PACKAGE;4";#150;UA	ROTARY COMPRESSOR; 4"; #150; DIS.BLOWOFF; AUTO; D.TEM:80/0°C; D.PRES:12BARG; D.FLOWRATE:2020M3/H; R.POWER:309KW; DIS.PRES:10BARG; UTILITY AIR	KC	INGERSOLL-RAND	SH300	SINERGIA	1932-01-4600-XX001A	KCX-SINERGIA-001	014600XX001A
57	RB;4";#150;UA	BALL VALVE; 4"; #150; BALL; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; UTILITY AIR	RB	PIETRO FIORENTINI	TRUNNION	SINERGIA	1932-01-4600-XX001A-RB002	RBX-SINERGIA-001	014600RB002
59	TT;4";RTD;SS316;2003;UA	TEMPERATURE TRANSMITTER; 4"; TERMORESISTANCE; 2003; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; RES:PT100; 3 WIRE; SINGLE; 316SS; UTILITY AIR	IT	FOXBORO	RTT80	SINERGIA	1932-01-4600-XX001A-TT001	TTX-SINERGIA-001	014600TT001
60	TT;4";RTD;SS316;2003;UA	TEMPERATURE TRANSMITTER; 4"; TERMORESISTANCE; 2003; D.TEMP:80/0°C; D.PRESS:12BARG; RES:PT100; 3 WIRE; SINGLE; 316SS; UTILITY AIR	IT	FOXBORO	RTT80	SINERGIA	1932-01-4600-XX001A-TT002A	TTX-SINERGIA-001	014600TT002A

5.4.1.3 BOM - Bill of Material

Nell'attività di manutenzione preventiva è di fondamentale importanza conoscere tutte le parti costituenti una macchina o un Centro di Lavoro. Queste informazioni permettono di tenere traccia e di gestire le richieste manutentive e l'ammontare dei pezzi di ricambio. Pertanto è indispensabile, qualora si disponesse di un sistema di archiviazione, classificare e associare ad ogni macchina o Centro di Lavoro il numero di pezzi costituenti tale oggetto e gli eventuali pezzi di ricambio. A tesi di ciò è possibile definire due tipologie di BOM:

- 1) Equipment BOM: è la lista ricambi associata direttamente ad un Main Equipment.
- 2) Material BOM: è lista ricambi stimata per due anni di vita dell'oggetto; è una lista strutturata di tutte parti di ricambio assegnate al codice "IBAU" o Construction Type il quale, come detto precedentemente, è una codifica parlante che va a raggruppare tutte quei pezzi di ricambio associate ad uno specifico oggetto.

Seguendo le direttive del cliente, le Material BOM sono maggiormente consigliate rispetto all'Equipment BOM in quanto consentono di creare BOMs generiche che possono essere associate ad uno o più Equipments dello stesso tipo (es: insieme di parti di ricambio che identificano una pompa). Viceversa, l'Equipment BOMs saranno usate solo quando una specifica distinta deve essere assegnata ad uno specifico Equipment, in questi casi la distinta base non sarà usata per altri componenti.

Uno degli input principali per la composizione della distinta base è la determinazione degli elementi SECE (Safety Enviromental Critical Elements). Questi elementi vengono presi in considerazione per l'approvvigionamento dei ricambi, poichè sarebbe impossibile sia a livello economico che logistico immagazzinare tutti i ricambi di ogni Equipment dell'impianto. Basare la manutenzione sul rischio associato ai guasti delle apparecchiature, significa allocare le risorse economiche laddove effettivamente sono necessarie; in questo senso vengono individuati i SCE (Safety Critical Elements) o SECE (prendendo in considerazione anche gli elementi "Environmental" quindi critici per l'ambiente), elementi sui quali effettuare piani di manutenzione preventiva.

La gestione dei SECE è una parte fondamentale nel processo di Risk Management, il quale deve garantire la sicurezza delle operazioni del giacimento, attraverso l'identificazione di questi elementi critici, la definizione delle loro performance, per finire con la loro manutenzione (garantendo sempre l'affidabilità e l'efficienza durante tutto il ciclo di vita dell'asset).

Si riporta di seguito parte della composizione della Material BOM riferita all'unità dell'aria compressa presa in esame; si noti che per gli oggetti scelti come ad esempio valvole manuali di piccole dimensioni, trasmettitori e misuratori di livello non sono previsti ricambi poiché probabilmente non c'è alcuna convenienza economica, pertanto ci sarà la sostituzione completa del componente una volta che esso non svolge più adeguatamente la sua funzione.

Tabella 5.4 - Material BOM Template



Construction Type	Material Description	Item (progressive number)	Component	Quantity	Item Text
FTX-SINERGIA-001	SINERGIA;FLOWRATE TRANSMITTER	0001	6083554509	2	CPV-04F-04F-V;FLOW REGULATOR
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0001	2299700123	1	18297812;UC1 KIT 2000/6000H
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0002	2299700203	1	18297820;UC2 KIT 4000H
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0003	2299700383	1	18297838;UC3 KIT 8000H
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0004	2299700463	1	18297846;UC4 KIT 16000H
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0005	2299700693	2	39198569;MONOSTABLE SOLENOID VALVE
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0006	2299700923	1	92692292;ULTRACOOALANT 25L
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0007	2299701023	1	PANEL HMI FOR COMPRES
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0008	2299701057	1	39213442;PUMP
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0009	2299701078	1	39137492;KIT FOR 37198569
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0010	2299701091	1	39332754;KIT FOR 39911128
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0011	2299701092	1	39918206;DISCHARGE SAFE VALVE(ASME)
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0012	2299701112	1	39918214;INTERSTAGE SAFE VALVE(ASME)
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0013	2299701134	1	22154215;INTERSTAGE SAFE VALVE(PED)
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0014	2299701156	1	39172739;LOAD SOLENOID VALVE
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0015	2299701176	1	39198551;LOAD SOLENOID VALVE(NEMA 4)
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0016	2299701189	1	39167119;OIL RELIEF VALVE
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0017	2299701235	1	39911110;INLET BLOWDOWN VALVE
KCX-SINERGIA-001	SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC	0018	2299701344	1	54386529;HYDRAULIC CYLINDER FOR 39911110
LGX-SINERGIA-001	SINERGIA;LEVEL GAUGE	0001	3265875311	1	2220;LEVEL GAUGE;2";150#
PSV-SINERGIA-001	SINERGIA;PRESSURE SAFETY VALVE;2"X3"	0001	4998512670	1	22151231;DISCHARGE SAFETY VALVE(PED)
PTX-SIERGIA-001	SINERGIA;PRESSURE TRANSMITTER	0001	1447584907	1	39877618;PRESSURE TRANSDUCER
PTX-SIERGIA-001	SINERGIA;PRESSURE TRANSMITTER	0002	1447584911	3	39929435;PRESSURE TRANSDUCER

PTX-SINERGIA-001	SINERGIA;PRESSURE TRANSMITTER	0003	1447584923	2	39875539;PRESSURE TRANSDUCER
PTX-SINERGIA-001	SINERGIA;PRESSURE TRANSMITTER	0004	1447584938	1	39875570;CABLE TRANSDUCER
RBX-SINERGIA-001	SINERGIA;BALL VALVE	0001	2873221450	4	2273;GASKET;6"
RCX-SINERGIA-001	SINERGIA;CHECK VALV E	0001	6933127677	3	39330287;CHECK VALVE GASKET
SDV-SINERGIA-001	SINERGIA;SHUT DOWN VALVE;TR1FA	0001	5906027093	1	SQC420E-10X21A7;LIMIT SWITCH BOX
SDV-SINERGIA-001	SINERGIA;SHUT DOWN VALVE;TR1FA	0002	5974791053	1	WCPB045200;COMPLETE SEAL KIT
SDV-SINERGIA-001	SINERGIA;SHUT DOWN VALVE;TR1FA	0003	6035324639	1	X10-10BAR;GAUGE
SDV-SINERGIA-001	SINERGIA;SHUT DOWN VALVE;TR1FA	0004	6083292209	1	BV025L04F0211TT1K1K;STOP VALV 3 WAYS
SDV-SINERGIA-001	SINERGIA;SHUT DOWN VALVE;TR1FA	0005	6083554569	1	SCM2-20-FR-SR-MD-10-V-X3;FILTER REG
SDV-SINERGIA-001	SINERGIA;SHUT DOWN VALVE;TR1FA	0006	6083554709	1	CPR-M1-V-4.6;CAPTIVE PRV
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0001	6084580839	2	NF8327B302;SOLENOID VALVE
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0002	7791401133	1	51122;SEAT SECONDARY GASKET
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0003	7791401263	2	77121;STEM PRIMARY GASKET
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0004	7791401523	1	125895;PRIMARY BODY GASKET
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0005	7791402083	1	73417;STEM SECONDARY GASKET
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0006	7791402443	1	73566;BODY COVER SECONDARY GASKET
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0007	7791402803	1	73761;SECONDARY BODY GASKET
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0008	7791403943	2	117272;SEAT INSERT
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0009	7791404643	1	129949;BODY COVER PRIMARY GASKET
SDV-SINERGIA-002	SINERGIA;SWITCH	0010	7791405343	2	186790;SEAT RING
TTX-SINERGIA-001	SINERGIA;TEMPERATURE TRANSMITTER	0001	833451130	1	39921705;TEMPERATURE SENSOR
VAX-SINERGIA-001	SINERGIA;INSTRUMENT AIR RECEIVER;	0001	833451139	1	2270;GASKET;24"
VAX-SINERGIA-001	SINERGIA;INSTRUMENT AIR RECEIVER;	0002	833451151	1	2220;PRESSURE GAUGE;2";150#
VAX-SINERGIA-001	SINERGIA;INSTRUMENT AIR RECEIVER;	0003	833451168	8	BOLTS
VAX-SINERGIA-001	SINERGIA;INSTRUMENT AIR RECEIVER;	0004	8334511395	5	NUTS

Il Construction Type è il parametro di connessione tra l'Equipments Template e quello soprastante mostrato in Tabella 5.4, e, come accennato più volte precedentemente, può essere attribuito a più componenti che hanno la stessa lista ricambi. Gli altri campi principali che vengono popolati nel 'Material BOM Template' sono i seguenti:

- **Material Description:** rappresenta la descrizione della Bill of Material attribuita al relativo codice IBAU. E' strutturata nel seguente modo: costruttore + tipologia di Equipment a cui la relativa BOM si riferisce + codifica del modello+ altre informazioni

tecniche se presenti (potenza, dimensioni, etc). Es: SINERGIA;AIR COMPRESSOR;SH300AC;

- **Item (progressive number):** identifica un numero progressivo che determina l'ordine delle parti di ricambio all'interno di ogni singola BOM;
- **Component:** rappresenta il codice MIAP, ovvero una codifica numerica che definisce in maniera univoca ogni singolo ricambio.
- **Quantity:** quantità relativa ad ogni parte di ricambio.
- **Item text:** descrizione delle singole parti di ricambio.

5.4.2 Maintenance Register

Una volta completata l'Anagrafica ci si è concentrati sulla vera e propria gestione delle attività manutentive; ancora una volta, a scopo didattico, la trattazione del caso studio è proseguita considerando gli stessi items descritti nella sezione dell'Asset register, dato che l'ammontare totale dei componenti dell'intera unità 460 sarebbe stato troppo elevato da riportare sul tale elaborato.

La totalità dei dati ed informazioni coinvolti in questa analisi sono, come per l'Asset Register, reperiti dai documenti tecnici di riferimento e manuali forniti oltre che dal cliente, da tutte quelle parti che entrano in gioco nell'analisi della gestione manutentiva.

La figura 5.5 sottostante descrive in maniera sintetica come è strutturato il 'Maintenance register' al fine di andar a completare tutti i moduli tecnici del CMMS e di conseguenza implementarli all'interno del SAP per generare gli ordini di lavoro.

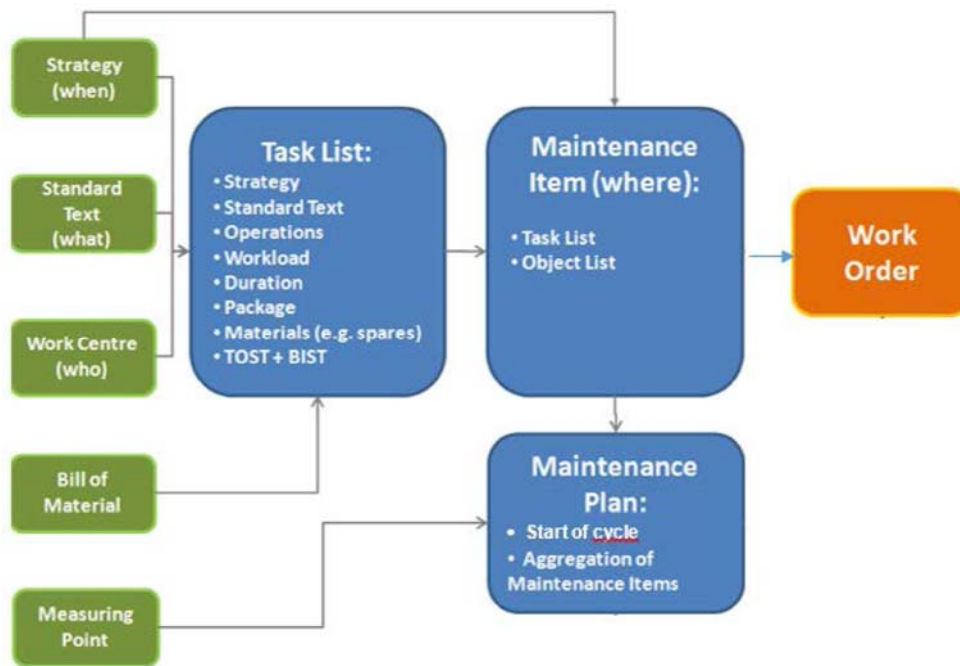


Figura 5.5 - Maintenance Register flow chart

La definizione della Strategia Manutentiva è il primo step da cui si parte per svolgere l'analisi; le tipologie possibili attuabili sono le seguenti:

- **time-based strategy:** rappresenta una pianificazione di manutenzione preventiva definendo un determinato intervallo temporale e pertanto intervenire sulla macchina/componente in maniera ciclica considerando la durata dell'intervallo (pianificazione a calendario);
- **performance-based strategy:** rappresenta una pianificazione di manutenzione preventiva definendo l'intervento manutentivo dopo un certo numero di ore di funzionamento della macchina/componente considerato. Ciò è permesso grazie al monitoraggio dell'oggetto effettuato determinando punti di misura e contatori che verranno trattati successivamente.

5.4.2.1 Task List

Una volta decretata la strategia manutentiva vengono definiti i cosiddetti 'Pacchetti di Manutenzione' (Maintenance Packages o task list) al fine di completare la definizione della Maintenance Strategy. Le task list identificano, oltre ad un raggruppamento di determinate attività di manutenzione preventiva, anche con quale frequenza (in termini di intervallo temporale od ore di funzionamento macchina) un'attività manutentiva (*operation*) viene eseguita ciclicamente.

Per comprendere meglio come sono assegnati i pacchetti di manutenzione ai vari oggetti presi in esame è necessario definire i campi 'Group' e 'Group Counter'.

Il primo è una codifica logica che permette di raggruppare tutti quei componenti/elementi appartenenti alla stessa famiglia o, in altre parole alla stessa tipologia di item (stesso object type; es: KC= compressors); le ultime due cifre rappresentano la zona di impianto in cui si trovano tali elementi (07=Zohr Onshore).

Il 'Group Counter' è una codifica numerica che insieme alla voce 'Group' mi identifica in maniera univoca una task list. Riguardo ciò, prestando attenzione al 'Task List Template' riportato di seguito, è possibile notare per prima cosa che il campo Group è stato definito, come accennato prima, considerando le diverse tipologie di items, pertanto la codifica relativa al 'Group' verrà assegnata ogni qual volta varia l'object type. Successivamente si determina un nuovo 'Contatore' o 'Group Counter' quando c'è la necessità di assegnare un nuovo pacchetto di manutenzione; in questo caso è possibile osservare che per il Compressore centrifugo a vite (Group: MKC07) vengono assegnate due task list (e di conseguenza due Group Counter) poiché verranno eseguiti interventi di manutenzione seguendo entrambe le strategie manutentive descritte precedentemente (performance-based e time-based). Le motivazioni potrebbero essere molteplici: banalmente si potrebbe scegliere di effettuare una manutenzione a calendario per i vari filtri all'interno della macchina poiché la sostituzione di essi viene effettuata indipendentemente dalle ore di funzionamento della macchina; viceversa si sceglie di effettuare una manutenzione ad ore per esempio per le tenute meccaniche o per i cuscinetti, poiché l'usura di questi componenti è funzione delle ore di running della macchina; in altre parole, se il compressore non è in funzione le tenute meccaniche non si usurano.

Tendenzialmente anche il materiale è un discriminante importante per quanto riguarda la scelta della strategia manutentiva; ad esempio un materiale polimerico si deteriora nel tempo, per cui la scelta della Maintenance Strategy risulta ovvia.

Come accennato precedentemente, ogni task list è composta da quelle che sono definite le *'operations'*, le quali distinguono le diverse attività manutentive che vengono eseguite ciclicamente; va da sé che l'associazione Group+ Group Counter+ Operation mi identifica in maniera univoca una singola attività manutentiva.

Le *operations*, secondo la specifica ENI dovrebbero essere necessariamente mono-disciplinari, ovvero che per ogni pacchetto di manutenzione si definirà un Main Work Centre che, come compreso precedentemente, definisce la disciplina manutentiva ed il responsabile delle suddette *operations*. In realtà, in una determinata task list relativa ad una macchina complessa, come può essere una turbina, sono contenute *n operations* le quali non sono affatto mono disciplinari anche se il Main Work Centre comunque viene definito univocamente, in particolare la scelta di esso ricadrà sull'attività di manutenzione predominante della task list. Le attività manutentive relative ad un determinato pacchetto di manutenzione infine avranno la stessa Maintenance Strategy.

Come è mostrato nel "Task List Template" le *operations* di un pacchetto di manutenzione vengono elencate ed ovviamente eseguite cronologicamente in funzione della frequenza con cui l'attività si ripete, di conseguenza si segue una certa gerarchia cronologica temporale (le Main Operation seguiranno un criterio numerico progressivo del tipo 010, 020, 030, etc). Può in ogni caso accadere che quelle con una gerarchia superiore ad un'altra escludino quest'ultima; facendo un esempio, l'attività manutentiva associata allo Standard Text Key (definito successivamente) EG3XX07, la quale descrive il ricambio del lubrificante biocompatibile nel compressore va ad escludere l'intervento della EG3XX01, ossia l'analisi dello stesso lubrificante.

Tabella 5.5 - Tasks List Template



Object Type	Group	Group Counter	Task List Description	Maintenance Strategy	Operation	Standard Text Key	Operation Description	Duration	N° Crew
KC	MKC07	01	FOR COMPRESSOR;HOUR-BASED	RH	010	EGXX01	1000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-FC	4	1
KC	MKC07	01	FOR COMPRESSOR;HOUR-BASED	RH	020	EGXX03	2000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-FC	4	1
KC	MKC07	01	FOR COMPRESSOR;HOUR-BASED	RH	030	EGXX05	4000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-MI	16	2
KC	MKC07	01	FOR COMPRESSOR;HOUR-BASED	RH	040	EGXX07	6000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-MI	4	1
KC	MKC07	01	FOR COMPRESSOR;HOUR-BASED	RH	050	EGXX09	8000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-OH	48	2
KC	MKC07	01	FOR COMPRESSOR;HOUR-BASED	RH	060	EGXX11	16000RH-INGERSOLL ROTAR COMPRES-SH300-MI	8	1
KC	MKC07	01	FOR COMPRESSOR;HOUR-BASED	RH	070	EGXX13	40000RH-INGERSOLL ROTAR COMPRES-SH300-MI	8	1
KC	MKC07	02	FOR COMPRESSOR;CALENDAR-BASED	MT	010	EGXX02	1M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-FC	2	1
KC	MKC07	02	FOR COMPRESSOR;CALENDAR-BASED	MT	020	EGXX04	3M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-FC	4	1
KC	MKC07	02	FOR COMPRESSOR;CALENDAR-BASED	MT	030	EGXX06	6M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-MI	16	2
KC	MKC07	02	FOR COMPRESSOR;CALENDAR-BASED	MT	040	EGXX08	1Y-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-MI	48	2
KC	MKC07	02	FOR COMPRESSOR;CALENDAR-BASED	MT	050	EGXX10	4Y-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-MI	16	2
VA	MVA07	01	FOR GENERIC PRESSURE VESSEL;CALENDAR-BASED	MT	010	EGVA01	1Y-GENERIC PRESSURE VESSEL-MI(INSP)	32	2
VA	MVA07	01	FOR GENERIC PRESSURE VESSEL CALENDAR-BASED	MT	020	EGVA02	5Y-GENERIC PRESSURE VESSEL-OH(INSP)	96	4
IR	IIR07	01	FOR SHUT DOWN VALVE;CALENDAR-BASED	MT	010	EGIR01	6M-SDV(DAFRAM/ROTORK)-FC	4	2
IR	IIR07	01	FOR SHUT DOWN VALVE CALENDAR-BASED	MT	020	EGIR02	1Y-SDV(DAFRAM/ROTORK)-MI	8	2
IR	IIR07	01	FOR SHUT DOWN VALVE;CALENDAR-BASED	MT	030	EGIR03	2Y-SDV(DAFRAM/ROTORK)-MI	16	2
IR	IIR07	01	FOR SHUT DOWN VALVE;CALENDAR-BASED	MT	040	EGIR04	5Y-SDV(DAFRAM/ROTORK)-OH	32	2
IT	IIT07	01	FOR TRANSMITTER;CALENDAR-BASED	MT	010	EGIT01	1Y-TRANSMITTER (ALL TYPES)-OH	2	2
IT	IIT07	02	FOR LEVEL GAUGE;CALENDAR-BASED	MT	010	EGIT02	1Y;GENERAL MAGNETIC LEVEL/WIKA GAUGE-MI	16	1
IR	IIR07	01	FOR PRESSURE SAFETY VALVE;CALENDAR-BASED	MT	010	EGIR02	3Y;PSV;OH	8	2
RB	MRB07	01	FOR BALL VALVE CALENDAR-BASED;D<10"	MT	010	EGRB01	6M-MAN. BALL VALVE-FC	60	1

Altri campi fondamentali riguardanti il Task List Template sono i seguenti:

- Standard Text Key:** è una codifica che mi identifica la Standard Text ad essa associata, ossia l'istruzione di manutenzione, quest'ultima utilizzata per descrivere in maniera corretta e dettagliata ogni *operations* durante la creazione delle task list. Viene dedicato un unico modulo tecnico chiamato 'Standard Text Template', in cui tra i campi principali c'è appunto lo Standard Text Key, il quale rappresenta il fattore di connessione tra il "Task List Template" e il modulo tecnico relativo alle istruzioni di manutenzione;

- **Description Standard Text:** rappresenta il titolo dell'istruzione di manutenzione;
- **Duration:** descrive la durata necessaria per svolgere quella determinata istruzione di manutenzione;
- **N° crew:** è il numero di operatori richiesti per svolgere quella determinata attività manutentiva.

Solitamente viene riportata anche una voce che è quella della SCMop, Safety Critical Maintenance operation, la quale è utilizzata per identificare tutte quelle attività manutentive critiche, le quali richiedono un'attenzione particolare (es: manutenzione di una valvola che processa un fluido pericoloso, operazioni ad alta quota, etc.).

5.4.2.2 Standard Text

Come accennato precedentemente viene dedicato un modulo esclusivamente per la descrizione dell'istruzione di manutenzione (Standard Text Template) ad ognuna della quale è associato un determinato Standard Text Key. La descrizione delle attività manutentive è una lista di tutto quello che è richiesto di essere svolto per permettere una corretta manutenibilità dell'oggetto ed un corretto funzionamento nel tempo.

Gli analisti CMMS consultano i vari manuali forniti dal costruttore per procurarsi le relative descrizioni di manutenzione; tuttavia, in certe situazioni, il Vendor è la figura che provvede a fornire le direttive per svolgere le seguenti operazioni manutentive in quanto potrebbe essere che quest'ultimo attraverso una clausola contrattuale con il costruttore abbiano sottoscritto ciò. Se non sono disponibili né i manuali del Costruttore e né le direttive imposte dal Vendor, i tecnici CMMS provvederanno a consultare il 'Maintenance Standard Job Plan' rilasciato da ENI nel quale vengono riportati i piani di manutenzione dei principali componenti presenti nell'impianto.

Tabella 5.6 Standard Texts Template



Standard Text Key	Operation Description	Long Text
EGIR02	3Y-PSV-OH	<p>3Y-PSV-MAINTENANCE OVERHAUL EQUIPMENT STATUS: ISOLATED PSV</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ensure that the replacement valve is the correct size and rating and that the certification is not out of date 2. Examine the replacement valve for signs of damage 3. Perform the isolation of the equipment (refer to the relevant isolation procedure) 4. Verify that the PSV is isolated and bled 5. Standard replacement of Pressure Safety ValveNote 3 6. Plan revision of the replaced PSV in workshop 7. Save report in CMMS (with the certificate details of the installed valve) <p>NOTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. In case the National Laws require different maintenance intervals, the Maintenance Interval will be changed in accordance with National Laws. 2. Workshop overhaul and recertification to be undertaken by qualified personnel. 3. A lifting equipment is needed for large Pressure Safety Valve. 4. PSV Maintenance will be achieved by application of a standard job plan for either overhaul or replacement. This Standard Job Plan details the replacement tasks.
EGIR01	6M-SDV(DAFRAM/ROTORK)-FC	<p>6M-TRUNNION BALL VALVE-FUNCTIONAL CHECK EQUIPMENT STATUS: RUNNING BODY</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Check Air or Gas leak (particularly on flanges and body joint) and Tubing status (damages, corrosion, cracks) 2. Visually check painting and "tag number" on valve body and renew as necessary 3. Visually inspect all loop field components for signs of damage, corrosion and/or any defects that could impact integrity or functionality 4. Visually inspect all field components local earth bonding for security and condition <p>ACTUATOR</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Visually check the external components of the actuator as well as the control group (if applicable) for physical damage and repair or replace as required. Verify the integrity of welding (if present). In case of anomalies detection, please contact Rotork Fluid Systems. 2. Filter/regulator condensate discharge (if present). <p>Load activity report on CMMS</p> <p>For more details check the Eni document 193201DKMIV4194_EX-DE00_220 (the manufacturer manual).</p>
EGIR02	1Y-SDV(DAFRAM/ROTORK)-MI	<p>1Y-TRUNNION BALL VALVE-MAINTENANCE INTERVENTION EQUIPMENT STATUS: ISOLATED</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apply appropriate process isolations and logic inhibits/isolations. Refer to C&E diagrams 2. Check Air or Gas leak (particularly on flanges and body joint) and Tubing status (damages, corrosion, cracks) 3. Visually check painting and "tag number" on valve body and renew as necessary 4. Visually inspect all loop field components for signs of damage, corrosion and/or any defects that could impact integrity or functionality 5. Visually inspect all field components local earth bonding for security and condition 6. Partial stroke test referring to the relevant procedure (if possible) 7. Check valve position/ limit switches loops in local and remote <p>ACTUATOR</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Visually check the external components of the actuator as well as the control group (if applicable) for physical damage and repair or replace as required. Verify the integrity of welding (if present). In case of anomalies detection, please contact Rotork Fluid Systems. 2. Ensure no leaks are present on the actuator parts under pressure. Check pneumatic connections for leaks. Tighten plugs and pipe fittings as required. 3. Ensure no leaks are present on the control panel (if present). 4. Remove built-up dust and dirt from all actuator surfaces. 5. Inspect actuator paint work for damages to ensure continued corrosion protection. Touch-up as required in accordance with the applicable paint specifications 6. Verify operation. The actuator should be cycled several times with the local and remote (if present) control. Ensure that the actuator operates the valve correctly within the required cycle time. 7. Check if the mechanical/hydraulic manual override strokes the actuator correctly. 8. Check up and clean the air filter element (if present), discharge condensate (if present). 9. Check the state of electric components (if present) Remove the covers from the electric components, check the state of electric device, the tightness of terminal blocks, the presence of oxidation and humidity. Check the cable gland seals. 10. Check the threaded connections (bolts, studs and nuts) connecting the actuator to the valve. If necessary tighten the bolts or the nuts of the connecting studs to the correct torque, in accordance with the size and the characteristics of the fastener material installed by the Customer. 11. Check up and clean the breather of the pneumatic cylinder.
EGIR04	5Y-SDV(DAFRAM/ROTORK)-OH	<p>5Y-TRUNNION BALL VALVE-MAINTENANCE OVERHAUL EQUIPMENT STATUS: ISOLATED BODY</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Control/signal isolation of the equipment (refer to the relevant isolation procedure) 2. Remove the valve from the pipe 3. Disconnect the actuator from the valve 4. Dismantle valve body 5. Clean and check internal parts (seat, plug, O-rings, etc.) 6. Replace faulty parts if necessary 7. Grease parts in motion and / or that may corrode (O-rings, threads, stems, etc.) 8. Visually check painting and "tag number" on valve body and renew as necessary 9. Replace gaskets 10. Reassemble valve body 11. Check right functioning of the valve <p>ACTUATOR</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Visually check the external components of the actuator as well as the control group (if applicable) for physical damage and repair or replace as required. Verify the integrity of welding (if present). In case of anomalies detection, please contact Rotork Fluid Systems. 2. Ensure no leaks are present on the actuator parts under pressure. Check pneumatic connections for leaks. Tighten plugs and pipe fittings as required 3. Ensure no leaks are present on the control panel (if present). 4. Inspect actuator paint work for damages to ensure continued corrosion protection. Touch-up as required in accordance with the applicable paint specifications 5. Check if the mechanical/hydraulic manual override strokes the actuator correctly. 6. Check up and clean the air filter element (if present), discharge condensate (if present). 7. Check the state of electric components (if present) Remove the covers from the electric components, check the state of electric device, the tightness of terminal blocks, the presence of oxidation and humidity. Check the cable gland seals. 8. Check the threaded connections (bolts, studs and nuts) connecting the actuator to the valve. If necessary tighten the bolts or the nuts of the connecting studs to the correct torque, in accordance with the size and the characteristics of the fastener material installed by the Customer. 9. Check up and clean the breather of the pneumatic cylinder.

EGIT01	1Y-TRANSMITTER (ALL TYPES)-OH	<p>1Y-TRANSMITTER (all types)-MAINTENANCE OVERHAUL EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Transmitter (Alarm/Executive Action)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apply any required logic inhibits in order to enable function testing(Refer to Cause & Effect diagrams and/or loop sheets) 2. Visually inspect all loop field components for signs of damage, corrosion, leakage and/or any defects that could impact integrity or functionality 3. Clean/rectify minor defects as required. 4. Visually inspect all loop field components local earth bonding for security and condition 5. Check/Calibrate the loop initiating device (Transmitter) using method and test equipment appropriate to instrument installation and configuration 6. Function check the loop 7. Ensure correct operation of indications/alarms/trip signals/ESD inputs – Note 5 & 6 8. On completion, re-instate loop <p>Transmitter (Control Loop)</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Visually inspect all loop field components for signs of damage, corrosion and/or any defects that could impact integrity or functionality 10. Using appropriate means, i.e. visual, snoop, gas detector etc. check field components for leaks paying particular attention to valve flanges body joints and packing, etc. 11. Visually inspect all loop field components local earth bonding for security and condition 12. Clean/rectify minor defects as required 13. Check/Calibrate the loop initiating device (Transmitter) 14. Function check the loop 15. Ensure correct operation of indications/alarms/trip signals/ESD inputs 16. Function check the loop actuated device (Control valve and Actuator) Pneumatic 17. Blow down the air supply regulator to remove any accumulated moisture. Adjust to correct supply pressure 18. Ensure control valve strokes fully over its range and failsafes to the correct state 19. Where applicable, verify with control room that valve status is annunciating as field position 20. Ensure smooth operation of valve and actuator and that there are no evident leaks 21. Test Solenoids, Quick Vent Relays or Booster Relays were fitted 22. Carry out 3-point check of controller signal against valve position 23. On completion, re-instate loop 24. Load activity report on CMMs <p>Note 5: Confirm that each individual trip signal is operating Note 6: Calibration/adjustment of loop components to be carried out as per relevant standard technical procedure and/or manufacturer's manual.</p>
EGIT02	1Y- GENERAL MAGNETIC LEVEL/WIKA	<p>1Y - WIKA LEVEL GAUGE - MAINTENANCE INSPECTION EQUIPMENT STATUS: ISOLATED</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prior to cleaning, properly disconnect the instrument from the process and the power supply. 2. Clean the instrument carefully with a moist cloth. 3. Electrical connections must not come into contact with moisture!
EGRB01	6M-MAN. BALL VALVE-FC	<p>6M-MAN. BALL VALVE-FUNCTIONAL CHECK EQUIPMENT STATUS: RUNNING</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Visual check for general status 2. Clean external parts 3. Grease each component 4. Check seal wearing 5. Check body and stuffing box for leakage 6. Check if the valve-handle is present (if dismantled) and in good condition 7. Load activity report on CMMs
EGXX02	1M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-FC	<p>1M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-FC EQUIPMENT STATUS: RUNNING AC Check the cooler(s) for build-up of foreign matter. Clean if necessary by blowing out with air.</p>
EGXX01	1000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-FC	<p>1000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-FC EQUIPMENT STATUS: RUNNING Analyse Food-grade Lubricant (Ultra FG)</p>
EGXX04	3M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-FC	<p>3M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-FC EQUIPMENT STATUS: RUNNING Operate the safety valves manually to verify that the valve mechanism is functioning correctly and that a small amount of air is released. Check all hoses for signs of deterioration, cracks, hardening etc.</p>
EGXX03	2000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-FC	<p>2000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-FC EQUIPMENT STATUS: RUNNING Lubricate the main motor drive end bearing. Lubricate the main motor non-drive end bearing. Analyse Premium Coolant (Ultra/Ultra EL).</p>
EGXX05	4000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-MI	<p>4000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-MI EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Rebuild condensate solenoid valves using field kits. Inspect the blowdown silencers and replace if necessary. Clean the gearcase breather.</p>
EGXX06	6M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-MI	<p>6M-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-MI EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Inspect the blowdown silencers and replace if necessary. Clean the gearcase breather. Check the calibration of the pressure transducers. Change the air filter element (replace more frequently if local conditions require).</p>
EGXX07	6000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-MI	<p>6000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-MI EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Replace Food-grade Lubricant (Ultra FG). NOTE: Change the oil filter element if replacing Food-grade Lubricant.</p>
EGXX09	8000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRES-SH300-OH	<p>8000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-OH EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Inspect the starter contactors, replace if required. Replace check valve seat and spring using field kit Rebuild blowdown valve using field kit. Clean the condensate strainers. Change the oil filter element. Replace Premium Coolant (Ultra) [8000 hours or every 2 years]. Fully inspect condensate separators, all external surfaces, and fittings. Report any excessive corrosion, mechanical or impact damage, leakage or other deterioration.</p>
EGXX08	1Y-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-MI	<p>1Y-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-MI EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Clean the condensate strainers. Change the oil filter element. Replace Premium Coolant (Ultra) (8000 hours or every 2 years) Fully inspect condensate separators, all external surfaces, and fittings. Report any excessive corrosion, mechanical or impact damage, leakage or other deterioration. Remove the safety valves from compressor, inspect and re-calibrate.</p>
EGXX11	16000RH-INGERSOLL ROTAR COMPRES-SH300-MI	<p>16000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-MI EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Rebuild hydraulic cylinder using field kit. Replace Extended-life Premium Coolant (Ultra EL) [16000 hours or every 3 years].</p>
EGXX13	40000RH-INGERSOLL ROTAR COMPRES-SH300-MI	<p>40000RH-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-MI EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Replace discharge check valve.</p>
EGXX10	4Y-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR-SH300-MI	<p>4Y-INGERSOLL ROTARY COMPRESSOR SH300-MI EQUIPMENT STATUS: ISOLATED Replace all hoses.</p>
EGVA01	1Y-GENERIC PRESSURE VESSEL-MI(INSF)	<p>1Y-GENERIC PRESSURE VESSEL-MAINTENANCE INSPECTION EQUIPMENT STATUS: ISOLATED 10 INFORM CONTROL ROOM OF BEGINNING OF THE WORKS AND OPEN THE WORK PERMIT 20 CHECK ITEM SUBJECT TO MAINTENANCE FOR HSE CONDITION</p>
EGVA02	5Y-GENERIC PRESSURE VESSEL-OH(INSF)	<p>5Y-GENERIC PRESSURE VESSEL-MAINTENANCE INSPECTION EQUIPMENT STATUS: ISOLATED 10 INFORM CONTROL ROOM OF BEGINNING OF THE WORKS AND OPEN THE WORK PERMIT 20 CHECK ITEM SUBJECT TO MAINTENANCE FOR HSE CONDITION</p>
EGIR03	2Y-SDV(DAFRAM/ROTORK)-MI	<p>2Y-TRUNNION BALL VALVE-MAINTENANCE INTERVENTION EQUIPMENT STATUS: ISOLATED</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apply appropriate process isolations and logic inhibits/isolations. Refer to C&E diagrams

5.4.2.3 Maintenance Item

Continuando con l'analisi del Maintenance Register, ci sarà il popolamento del 'Maintenance Item Template' il quale permette di definire appunto il 'Maintenance Item', codifica numerica assegnata internamente dagli analisti CMMS, che associa una determinata Task list (Group+Group Counter) alla relativa sede tecnica e che quindi definisce quale attività manutentiva viene eseguita su quella specifica Functional Location.

La necessità di utilizzare la Functional Location per determinare il Maintenance Item è motivata dall'assunzione che una task list può essere applicata a più items, pertanto associando la Sede Tecnica al pacchetto di manutenzione si definisce in maniera univoca il Maintenance Item.

Un'altra osservazione che è possibile fare è la seguente: ci si potrebbe domandare perché non associare il ciclo di manutenzione all'Equipment invece che alla Sede Tecnica ; la risposta risiede nel fatto che se si dovesse legare la Task List all'Equipment, nell'eventualità in cui esso venga smontato e sostituito si andrebbe a perdere l'associazione con il pacchetto di manutenzione, in questo caso si dovrebbe usare una logica di manutenzione completamente diversa; viceversa legando la Task List alla sede tecnica, la quale non è propriamente, come ampiamente descritto in precedenza, un oggetto fisico, non si perde l'associazione con il pacchetto di manutenzione (sempre considerando, ad esempio, la sostituzione di un componente con un altro della stessa tipologia).

Inoltre, ogni Sede Tecnica ha priorità diverse, ad esempio se si considera l'unità 460 dell'Aria Compressa presa in esame, essa fornisce un servizio fondamentale per l'intero funzionamento dell'impianto pertanto avrà precedenza manutentiva rispetto ad altre unità (ad esempio le pompe che permettono lo svuotamento dei serbatoi dei fluidi non pericolosi si portano a correttiva, tendenzialmente non vengono applicati piani di manutenzione preventiva).

Tabella 5.7 Maintenance Items Template



Group	Group Counter	Functional Location	Maintenance Item	Item Short Text	Maintenance Strategy	Task list factor
IIT07	01	1932-01-4600	2220217001	PM FOR TRANSMITTERS-UF460	MT	5
IIT07	02	1932-01-4600-VA002A-LG031	2220217004	PM FOR WIKA LEVEL GAUGE-UF460	MT	1
MRB07	01	1932-01-4600	2220217005	PM FOR MANUAL BALL VALVES; D<10"-UF460	MT	3
MKC07	01	1932-01-4600-XX001A	2220217008	PM FOR COMPRESSOR;OPERATIONAL (HOURS)	RH	1
IIR07	01	1932-01-4600-VA002A-PSV001A	2220217021	PM FOR PRESSURE VALVE	MT	1
MVA07	01	1932-01-4600-VA002A	2220217031	PM FOR 1932-01-4600-VA002A	MT	1
MVA07	01	1932-01-4600-VA002B	2220217032	PM FOR 1932-01-4600-VA002B	MT	1
IIR07	01	1932-01-4600-VA002A-SDV031	2220217033	PM FOR 1932-01-4600-VA002A-SDV031	MT	1
MKC07	02	1932-01-4600-XX001A	2220217034	PM FOR COMPRESSOR;CALENDARIAL (MONTH)	MT	1

5.4.2.4 Cicli Round

Un'attenzione particolare va prestata al campo 'Task list factor' riportato nell'ultima colonna del modulo in Tabella 5.7.

La gestione delle attività manutentive, nel super-giant Zohr così come in altri impianti di minor dimensioni, può essere organizzata analizzando in maniera successiva le varie unità che compongono il plant sotto esame; considerando inoltre che ogni unità è composta da molti elementi della stessa tipologia (es: valvole manuali a sfera), ha ovviamente senso applicare un unico pacchetto di manutenzione ad una serie di item della stessa tipologia, pertanto si può affermare che esistono Maintenance Item a 'tag multiplo'.

Questa analisi così strutturata prende il nome di manutenzione su ciclo 'round'. La specifica adottata da Eni riguardo la manutenzione round implica, ad esempio per le valvole manuali a sfera, la creazione di 3 task list (a cui sono associate 3 Maintenance Item), determinate a seconda delle loro dimensioni: una per le valvole di piccole dimensioni, una per le valvole di dimensioni medie ed una per le valvole con un polliciaggio notevole. Questa suddivisione nasce dal fatto che ovviamente le manutenzioni alle relative valvole risultano differenti a seconda delle loro size.

Un'ulteriore osservazione che è possibile fare ed è possibile osservare sul template descritto precedentemente risiede nel fatto che ogni volta che viene adottata la manutenzione a ciclo round, ad essa viene associata la Sede Tecnica Superiore.

Tornando al Task List Factor, il suo valore fornisce l'indicazione della quantità di item a cui verrà associato il medesimo pacchetto di manutenzione. Il prodotto tra questo fattore e la relativa durata per svolgere l'attività manutentiva associata (colonna 'Duration' nel 'Task List Template') permette di ottenere il tempo totale impiegato per svolgere l'intero piano di manutenzione associato.

Questo indice è inoltre di connessione al modulo tecnico che elenca tutti gli Equipments soggetti ai relativi cicli round (si noti l'associazione Maintenance Item-Equipment-Functional Location).

Tabella 5.8 - Object List Template



Maintenance Item	Equipment	Functional Location
2220217001	71	1932-01-4600-VA002A-FT031
2220217001	72	1932-01-4600-VA002A-FT032
2220217001	65	1932-01-4600-VA002A-PT032
2220217001	59	1932-01-4600-XX001A-TT001
2220217001	60	1932-01-4600-XX001A-TT002A
2220217005	56	1932-01-4600-VA002A-RB042
2220217005	57	1932-01-4600-VA002A-RB043
2220217005	57	1932-01-4600-XX001A-RB002

5.4.2.5 Maintenance Plan

Proseguendo la trattazione nella composizione del CMMS, un ruolo di importanza fondamentale viene attribuito ai piani di manutenzione (Maintenance Plans). Una volta definito il Maintenance Item e in che maniera esso si lega con la Task list e la relativa Sede Tecnica, è possibile discutere della creazione del piano di manutenzione il quale determina:

- Il periodo durante il quale il sistema (SAP PM) pianificherà la scadenza delle attività manutentive considerando la loro strategia, la quale dovrà corrispondere a quella relativa al Maintenance Item associato;
- Quanto in anticipo, relativamente alla scadenza, gli ordini di lavoro devono essere generati dal sistema;
- La successiva data di scadenza, una volta completato il Work Order precedente relativo allo stesso piano di manutenzione.

In altre parole un Maintenance Plan è un 'set' di uno o più Maintenance Item con le loro frequenze di intervento propriamente definite; questa entità viene creata essenzialmente per la gestione della manutenzione preventiva. Un Maintenance Item può essere associato unicamente ad un piano di manutenzione, viceversa quest'ultimo può essere attribuito a più oggetti di manutenzione, pertanto il modulo riguardante questa sezione sarà popolato da un determinato numero di Items associato al relativo piano di manutenzione. Il Maintenance plan viene identificato con una codifica alfanumerica assegnata dal team responsabile del CMMS, nella quale la prima lettera determina la Maintenance Strategy assegnata (T=time-based strategy; P= performance-based strategy) e le successive cifre verranno assegnate in relazione ai vincoli restrittivi che SAP impone.

Quando si procede alla creazione del piano di manutenzione bisogna tener in considerazione tre situazioni differenti:

- Una differente data di intervento per diversi oggetti potrebbe condurre alla creazione di piani di manutenzione separati per ogni oggetto in esame. Inoltre, il sistema genererà, relativamente alle date di scadenza, tanti ordini di lavoro quanto sono gli oggetti considerati;

- Stessa data e frequenza di intervento per diversi oggetti relativi allo stesso Maintenance Plan potrebbe portare alla generazione di un numero di ordini di lavoro identici per ogni oggetto considerato;
- Si potrebbe verificare la stessa situazione del punto 2 ma vengono raggruppati gli stessi oggetti in maniera tale che il sistema generi un solo Work order per quell'Object list. (ad esempio oggetti relativi alla componentistica di una stessa macchina).

Un'ulteriore osservazione possibile è la seguente: quando viene strutturato/definito un Maintenance Item è essenziale trovare un compromesso tra la semplificazione del processo di pianificazione della manutenzione (creando ad esempio Maintenance item associati a cicli di manutenzione round volti a ridurre in numero di ordini di lavoro generati da SAP PM) e la capacità di tener traccia delle attività manutentive riferite ad ogni singolo item oggetto della manutenzione round.

Un altro parametro essenziale nella pianificazione della manutenzione è il cosiddetto 'Call Horizon' il quale è utilizzato per specificare quanto in anticipo, relativamente alla data di scadenza dell'attività manutentiva specifica, l'ordine di lavoro viene generato dal sistema. Questo fattore viene espresso come percentuale della finestra temporale che intercorre tra una scadenza e la successiva (ad esempio se si ha un Call Horizon del 50% e il ciclo di manutenzione di un determinato oggetto è di 12 mesi, il relativo ordine di lavoro verrà generato al sesto mese della finestra temporale).

La tabella 5.9 riporta alcune voci relative al modulo tecnico 'Maintenance Plan Template' relative al caso studio preso in esame.

Tabella 5.9 - Maintenance Plan Template



Maintenance Item	Maintenance Plan	Plan Description	Scheduling Period	Maintenance Cycle	Call Horizon	Strategy
2220217001	T100001	PM FOR 1932-01-4600	60 MON	12 MON	75%	MT
2220217004	T100002	PM FOR 1932-01-4600-LG031	60 MON	12 MON	75%	MT
2220217005	T100003	PM FOR 1932-01-4600	60 MON	6 MON	75%	MT
2220217008	P100001	PM FOR 1932-01-4600-XX001A	60 MON	1000HR	75%	RH
2220217021	T100004	PM FOR 1932-01-4600-VA002A-PSV001A	60 MON	36 MON	75%	MT
2220217031	T100005	PM FOR 1932-01-4600-VA002A	60 MON	12 MON	75%	MT
2220217032	T100006	PM FOR 1932-01-4600-VA002B	60 MON	12 MON	75%	MT
2220217033	T100007	PM FOR 1932-01-4600-VA002A-SDV031	60 MON	6 MON	75%	MT
2220217034	T100008	PM FOR 1932-01-4600-XX001A	60 MON	1 MON	75%	MT

Oltre al Maintenance item, Maintenance plan, Call horizon, i quali sono stati ampiamente descritti, si notino le voci ' Scheduling Period' e 'Maintenance cycle' le quali descrivono rispettivamente la lunghezza della finestra temporale in cui il sistema continua a generare le 'chiamate di manutenzione', ossia una notifica che segnala all'operatore l'imminente attività manutentiva da svolgere e il periodo che intercorre tra una scadenza e la successiva.

5.4.2.6 Measuring Points

Di fondamentale importanza è la determinazione dei punti di misura.

Come descritto nel capitolo 2, la Manutenzione predittiva comprende una serie di operazioni riguardanti il monitoraggio delle performance del sistema o dell'item preso in esame al fine di identificare un guasto incipiente e, pertanto, di intervenire appena prima che lo stesso si verifichi. Per far in modo che ciò avvenga, la lettura di misurazioni periodiche viene eseguita determinando i cosiddetti 'punti di misura'. Queste letture permetteranno al sistema di determinare la data nella quale l'ordine di lavoro verrà generato.

Il 'measuring point' è un punto nell'impianto in cui una particolare grandezza fisica viene misurata e monitorata (vibrazioni, temperatura, ore di funzionamento, etc.). I punti di misura non sono propriamente riferiti ad una specifica locazione geografica dell'impianto, bensì dovrebbero sempre essere associati al Main Equipment nel caso il sistema considerato è composto da diversi elementi; nel caso in esame il Measuring Point è attribuito all'elemento principale che corrisponde al package di compressione.

Nel caso in cui la scelta della strategia manutentiva ricade sulla performance-based strategy sarà obbligatorio la determinazione dei punti di misura ai quali verrà associato uno strumento fisico che ha la funzione di contatore (nel caso studio il parametro monitorato corrisponde alle ore di funzionamento del compressore). Sarà compito degli operatori andar fisicamente in campo, fare le letture, e comunicare il parametro di avanzamento all'analista CMMS il quale

aggiognerà il punto di misura in SAP che a sua volta calcolerà automaticamente lo stato di avanzamento del piano di manutenzione e successivamente determinerà la data di generazione dell'ordine di lavoro.

In alcuni casi non vi è la necessità di andar a rilevare la misurazione direttamente sul campo in quanto vi è una connessione che permette di monitorare le grandezze fisiche interessate associate ai punti di misura direttamente dalla sala controllo, ad esempio questo vale per parametri critici i quali se superano una certa soglia innescano un'allarme nella control room.

La codifica dei punti di misura è assegnata internamente dal sistema. I Measuring Points possono essere associati direttamente all'Equipment o alla relativa sede tecnica. E' consigliabile attribuire il punto di misura direttamente all'Equipment anche se la gestione del CMMS risulterebbe più complessa. Infatti se il Measuring Point fosse associato all'Equipment, qualora esso verrebbe smontato, basterebbe creare un nuovo punto di misura e associarlo al nuovo componente installato; viceversa se esso venisse attribuito alla sede tecnica, anche se l'Equipment associato alla stessa verrà smontato per un qualsiasi motivo, bisognerebbe resettare a zero il contatore.

La tabella che segue mostra i campi principali di cui il 'Measuring Point Template' è composto.

Tabella5.10 - Measuring Points Template



Measuring Position	Description	Functional Location	Equipment	Characteristic
RH-1932014600XX001A	EG COUNTER FOR 1932-01-4600-XX001A	1932-01-4600-XX001A	56	PM_RUNNING_HOURS

- **Measuring Position:** identifica la locazione fisica del punto di misura nell'impianto. La codifica è strutturata considerando la grandezza fisica misurata e la functional location del Main Equipment su cui verrà installato il contatore (es: RH-1932014600XX001A);
- **Description:** descrive il relativo measuring point;
- **Functional Location:** definita nel ' Functional Location template';
- **Equipment:** definito nell' 'Equipment template';

- **Characteristic:** descrive il parametro fisico associato al relativo punto di misura che viene misurato e monitorato (es : PM_RUNNING_HOURS).

Infine, per completezza di trattazione è bene discutere brevemente dell'esistenza di un altro modulo tecnico che lega l'IBAU relativo alle parti di ricambio ed i pacchetti di manutenzione il quale permette di individuare le spare parts utilizzate nel mentre si svolgono le attività manutentive.

L'esistenza di una Material BOM legata ad una Task List vi è solo nel caso in cui le parti di ricambio attribuite a quella Bill of Material verranno effettivamente utilizzate nello svolgimento delle operazioni; in questo caso il consumo delle spare parts verrà pianificato in base a come verranno gestite le attività manutentive.

Nel caso in cui non si conoscesse a priori il materiale utilizzato durante i lavori non si avrà nessuna associazione con il Task List Template, pertanto il consumo delle spare parts verrà registrato solo al momento della chiusura dell'Ordine di Lavoro.

Tuttavia il popolamento di questo template è molto complesso e prolisso, inoltre per la corretta compilazione vi è la necessità di codificare in maniera estremamente precisa ed ordinata tutte le parti di ricambio nonché è di fondamentale importanza una notevole organizzazione dei magazzini.

Nella figura 5.6 viene mostrato uno schema complessivo e riassuntivo riguardante l'interconnessione tra i vari moduli tecnici per la composizione del CMMS.

SAP Templates connections

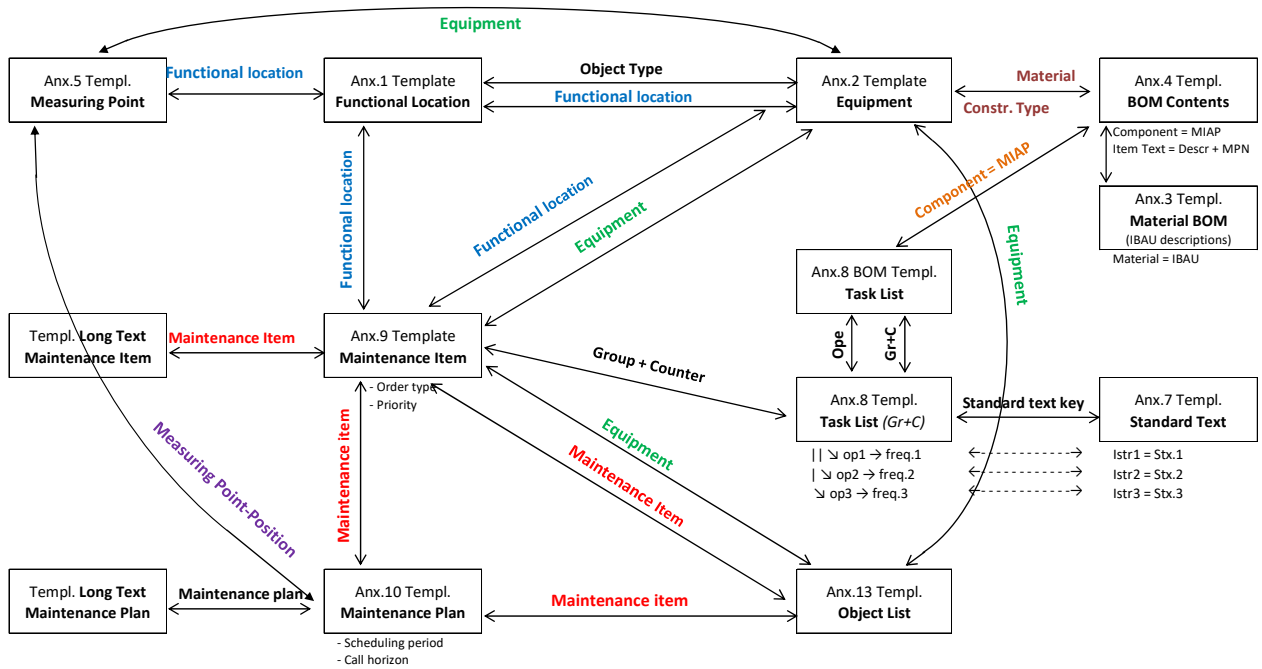


Figura 5.6 - SAP Templates Connection

5.4.3 Work Orders

Precedentemente sono stati nominati i 'Work Orders' o Ordini di Lavoro. Un Work Order è una disposizione di carattere operativo che prescrive sia le attività, (di riparazione, controllo, taratura, lubrificazione, sostituzione), sia le risorse (operatori, attrezzature mezzi e materiali), sia le competenze (operai, tecnici specialisti, esperti), necessarie allo svolgimento degli interventi programmati. Nello specifico rappresentano delle istruzioni operative, che devono essere emesse per qualunque intervento da eseguire.

Un ruolo fondamentale nella gestione della manutenzione viene svolto dal sistema informativo dell'azienda. ENI utilizza SAP, un sistema informativo che supporta la gestione integrata di tutte le aree dell'azienda: con questo software, si sono integrati tutti i processi aziendali, da quelli creatori di valore (vendita, produzione, acquisti) a quelli infrastrutturali

(amministrazione, marketing, gestione delle risorse umane). Tutti gli utenti dispongono così, in modo trasparente, delle informazioni necessarie per compiere le proprie attività. Più specificamente, SAP-PM (acronimo di Plant Maintenance) è il modulo dell'applicazione software che supporta il sistema informativo per la gestione della manutenzione, integrato con l'Enterprise Resources Planning (ERP) aziendale.

La necessità da parte di Eni di utilizzare SAP-PM per la manutenzione è dato dal grande patrimonio di asset e di impianti, dall'elevato numero di interventi giornalieri, dalla presenza di un ampio magazzino ricambi e dalla necessità della quantificazione dei costi. SAP-PM permette di raccogliere in maniera sistematica le informazioni relative alle risorse produttive, per renderle poi disponibili alle analisi dei costi di manutenzione. Il sistema informativo non è più solo un contenitore di informazioni, ma uno strumento essenziale per gestire processi e flussi informativi con cui si analizzano i risultati, si pianificano i cambiamenti e si standardizzano i metodi.



Figura 5.7 SAP-PM

Sostanzialmente tutti i moduli tecnici, una volta popolati correttamente, rappresenteranno l'input per il sistema informativo, per cui verranno caricati massivamente sul SAP-PM, il quale elaborerà gli stessi al fine di generare i Work Orders. Successivamente al rilascio dei Work order, questi ultimi sono fisicamente consegnati ai manutentori che controllano la disponibilità dei materiali.

Se tutte le risorse sono disponibili, il Work Order generato diventa un intervento; quest'ultimo darà origine ad un report (contenente tutti i dati reali che lo descrivono). Se la causa del problema è stata individuata ed il problema risolto, il ciclo si chiude dopo aver fornito al reparto un feedback su quanto accaduto; in caso contrario, l'ordine di lavoro resta aperto e saranno necessari altri interventi fino alla risoluzione del problema.

Conclusioni

Il presente elaborato mi ha permesso di comprendere appieno la complessità dell'intera gestione delle attività manutentive di un impianto industriale, non solo dal punto di vista meramente tecnico e logistico, ma ho anche compreso quanto è ampia la rete di relazioni tra le varie figure contrattuali che permettono di svolgere al meglio tali attività.

Ho potuto toccare con mano che enormi aziende come ENI affidino all'esterno buona parte del lavoro strettamente tecnico al fine di contenere la forza lavoro interna. Tra questi fornitori si trovano anche realtà medio-piccole come Pansoinco, che nonostante le dimensioni contino un know-how di alto livello sia per l'ingegneria di manutenzione sia per la gestione dei processi.

Attraverso l'analisi tecnica e gestionale eseguita da me, con l'aiuto della squadra di ingegneri di manutenzione, è stato possibile valutare le prestazioni degli asset e pianificare gli interventi, migliorando così il bilanciamento tra le politiche di manutenzione e supportando gli obiettivi economici. Tutto ciò ha permesso un miglioramento delle performance dell'impianto, riducendo al minimo le perdite di produzione.

Inoltre l'implementazione del CMMS in fase di progettazione ha condotto ad enormi vantaggi in termini di riduzione delle perdite di produzione come riferito precedentemente, che si attestano attorno al 50% in meno, di conseguenza si riesce a limitare considerevolmente il numero di fermi impianto non pianificati totali o parziali. Inoltre anche i costi totali avranno un taglio del 30% scegliendo appunto una gestione della manutenzione computerizzata in fase di progettazione.

Dal punto di vista meramente operativo, con l'utilizzo del SAP, le aziende si dotano di un sistema informativo a supporto della manutenzione che ovviamente avrà dei costi iniziali di implementazione delle metodologie notevoli, ma che verranno ampiamente giustificati dai diversi vantaggi che si trarranno: dall'incremento della produttività alla riduzione del costo di lavoro diretto; dall'aumento della disponibilità delle macchine al miglioramento del livello di sicurezza e così via.

Una parte importante del CMMS è, oltre a quanto già detto, l'analisi dei dati di manutenzione a posteriori; se opportunamente registrata l'attività manutentiva, è possibile stimare con precisione la scorta di ricambi a magazzino minima per garantire la

produzione, misurare l'affidabilità media delle macchine di ciascuna famiglia ed a posteriori confrontare il dato della singola macchina con il dato medio della famiglia per scovarne difettosità anomale. Questa branca di analisi è chiamata analisi dei KPI, Key Performance Indicators.

Bibliografia e Sitografia

- BERGER D., The CMMS evolution: new features and functions spearhead CMMS software advancements, Plant Services, 2011
- BRADSHAW L., Improved CMMS and Asset Management Systems – But do they lead to success, Maintenance Journal, 2004
- BHOL J. P., PRADHAN M. K., Trends and perspectives in industrial maintenance management, Journal of Manufacturing Systems, 2006
- CATTANEO M., Manutenzione, una speranza per il futuro del mondo, Franco Angeli, 2012
- FURLANETTO L., GARETTI M., MACCHI M., Principi generali di gestione della manutenzione, Franco Angeli, 2006
- FURLANETTO L., GARETTI M., MACCHI M., Ingegneria della manutenzione. Strategie e metodi, Franco Angeli, 2007
- KANS M., An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems, Computers in industry, 2007
- MACCHI M., Temi attuali di gestione della manutenzione a confronto, TeSeM, 2014
- SENNA O., Maintenance History and Evolution, 2013
- UNI 9910:1991 Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio
- UNI 10144:2006 Classificazione dei servizi di manutenzione
- UNI EN 10147:2010 Manutenzione – termini aggiuntivi alla UNI EN 13306 e definizioni.
- UNI 10224:2007 Processo, sottoprocessi e attività principali
- UNI 10388:2003 Manutenzione – Indici di manutenzione
- UNI 10685:2007 Manutenzione – Criteri per la formulazione di un contratto basato sui risultati (global service di manutenzione)
- UNI 10992: 2002 Previsione tecnica ed economica delle attività di manutenzione (budget di manutenzione) di aziende produttrici di beni e servizi

Siti internet consultati:

https://www.eni.com/it_IT/attivita/upstream/modello-esplorativo/zohr-egitto.page

https://www.eni.com/it_IT/media/2019/08/eni-la-produzione-gas-di-zohr-raggiunge-27-bcfd

https://www.eni.com/it_IT/media/2017/12/eni-avvia-la-produzione-di-zohr-la-piu-grande-scoperta-di-gas-mai-effettuata-nel-mediterraneo

https://www.eniday.com/it/human_it/zohr-scoperta-sviluppo-giacimento-gas/

<http://it.wikipedia.org/wiki/Terotechnology>

<http://www00.unibg.it/dati/corsi/22028/46050-L9%20-%2001%20-%20Affidabilita%20e%20Disponibilita.pdf>

Ringraziamenti

Eccomi qua, qualunque lettore potrebbe pensare che la paginetta dei ringraziamenti sia la parte più facile e immediata da scrivere ed invece a dirvela tutta non è poi così tanto semplice. La mia gratitudine va al Prof. Maurizio Bevilacqua che è stato un punto di riferimento per lo svolgimento di questo elaborato, sempre disponibile e pronto a togliermi qualunque dubbio, nonostante i suoi tantissimi impegni. Un altro “grazie” va al mio correlatore aziendale, l’Ing. Antonio Spadaccini per la sua totale disponibilità e la stima dimostratami, oltre al rilevante aiuto che anche lui mi ha fornito durante tutto il periodo del tirocinio e di stesura della tesi. Ringrazio inoltre anche i miei attuali colleghi di lavoro, tra tutti Marco, Simone, i due Mattei e Zeinab i quali hanno contribuito e non poco alla buona riuscita di questo lavoro.

Un “grazie” va anche ai miei amici, ai miei colleghi di corso ed ai miei coinquilini che comunque hanno reso meno pesante e più divertente il percorso di studi appena concluso.

Il ringraziamento più grande però va alla mia famiglia che mi è stata sempre accanto, non facendomi mancare niente, anzi, lasciandomi sempre la possibilità di scegliere cosa fare nella vita e appoggiandomi in qualunque decisione da me presa; se ho raggiunto questo obiettivo è soprattutto merito loro.

La persona che a più di tutte vorrei dedicare questa tesi e questo mio traguardo raggiunto è la mia cara Nonna, sono sicuro che sarebbe stata orgogliosissima di me vedendomi alla mia proclamazione di laurea, e sono altrettanto sicuro che sarà lì con noi quel giorno.

Infine, un ultimo ringraziamento va a me stesso perché se sono arrivato a questo punto in fondo è anche un po’ merito mio.

GRAZIE.