



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in **Ingegneria Meccanica**

MANUTENZIONE DI IMPIANTI MECCANICI

MAINTENANCE FOR MECHANICAL SYSTEMS

Relatore: Chiar.mo

Prof. **Filippo Emanuele Ciarapica**

Tesi di Laurea di:

Alessandro Lisso

A.A. 2019 / 2020

Sommario

Indice delle Figure	5
1. PRINCIPI GENERALI DI GESTIONE DELLA MANUTENZIONE	6
1.1 Introduzione.....	6
1.2 La necessità dell'interazione manutenzione - produzione.....	7
1.2.1 L'ingegneria di manutenzione	7
1.3 I costi di manutenzione.....	12
1.4 Le politiche di manutenzione.....	15
1.4.1 Introduzione	15
1.4.2 Manutenzione correttiva (a guasto).....	18
1.4.3 Manutenzione preventiva – programmata	20
1.4.4 Manutenzione predittiva.....	22
1.4.5 Manutenzione migliorativa	25
1.5 Strategia delle politiche di manutenzione.....	25
2. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE -TPM	28
3. METODOLOGIA RELIABILTY CENTERED MAINTENANCE (RCM)	32
3.1 L'approccio alla manutenzione basato sul metodo RCM	32
3.2 Cenni storici sulla metodologia	34
3.3 Fasi del processo.....	35
3.3.1 Raccolta dei dati.....	38
3.3.2 Scomposizione del sistema: System Work Breakdown Structure	40
3.3.3 Analisi delle criticità del sistema.....	42
3.3.4 Albero logico delle decisioni	49
3.3.5 Fattibilità economica del piano	52

4. MAINTENANCE VISUAL MANAGEMENT.....	54
4.1 Introduzione.....	54
4.2 Maintenance Visual Management.....	56
4.2.1 Obiettivi della gestione a vista della manutenzione	56
4.2.2 La manutenzione correttiva (a guasto)	57
4.2.3 La manutenzione preventiva – programmata.....	58
5. LA MANUTENZIONE DELLA RETE IDRICA DI PANTELLERIA.....	59
5.1 Impianto acquedotto	59
5.1.1 Attitudine al controllo della tenuta.....	59
5.1.2 Attitudine al controllo dell’aggressività dei fluidi	59
5.2 L’unità tecnologica	60
5.2.1 Contatori.....	61
5.2.2 Giunti a flangia.....	62
5.2.3 Giunti di dilatazione.....	63
5.2.4 Manometri.....	65
5.2.5 Misuratori di portata	68
5.2.6 Pompe di sollevamento.....	69
5.2.7 Pozzetti	73
5.2.8 Riduttore di pressione	75
5.2.9 Rubinetti	77
5.2.10 Saracinesche (a ghigliottina)	80
5.2.11 Serbatoi pressurizzati	83
5.2.12 Sfiati	84
5.2.13 Valvole a farfalla	86
5.2.14 Valvole a galleggiante.....	88

5.2.15 Valvole a saracinesca (saracinesche).....	89
5.2.16 Valvole antiritorno.....	91
5.2.17 Valvole di fondo.....	92
5.2.18 Valvole riduttrici di pressione.....	93

Indice delle Figure

Figura 1 - mappa funzionale delle attività di manutenzione	10
Figura 2 - struttura complessiva dei costi di manutenzione	13
Figura 3 - costo totale di manutenzione	15
Figura 4 - principali tipologie manutentive	17
Figura 5 - manutenzione correttiva nel tempo a calendario di un'entità	19
Figura 6 - logica decisionale per la selezione delle politiche manutentive ottimali	27
Figura 7 - pilastri della TPM.....	30
Figura 8 - schematizzazione tipologia RCM.....	36
Figura 9 - andamenti tipici del tasso di guasto nel tempo	39
Figura 10 - relazione tra scomposizione strutturale e funzionale di un sistema	41
Figura 11 - classificazione ABC di Pareto.....	43
Figura 12 - classificazione ABC secondo M.I.B Maintenance Plan	45
Figura 13 - Terminologia d'uso per analisi FMECA.....	47
Figura 14 - matrice di criticità	49
Figura 15 - albero logico delle decisioni.....	51
Figura 16 - confronto tra le politiche di manutenzione	53
Figura 17 - organigramma della funzione di manutenzione	55

1. PRINCIPI GENERALI DI GESTIONE DELLA MANUTENZIONE

1.1 Introduzione

L'attuale processo di globalizzazione sta costringendo le imprese di tutto il mondo ad una ricerca permanente di vantaggi competitivi che consentano il loro posizionamento e permanenza sui mercati internazionali.

In questo ambiente di business, la funzione manutenzione sta diventando un fattore strategico determinante per la competitività di organizzazioni che detengono considerevoli investimenti in assets. Infatti, un'adeguata gestione della manutenzione ricade direttamente sulla produttività, in ottica di riduzione dei costi globali di operazione, sulla soddisfazione dei clienti, in ottica di customer oriented ed infine sulla sicurezza delle persone e la tutela dell'ambiente.

Per raggiungere la competitività globale la gestione della manutenzione deve evolvere dal concetto tradizionale di prevenzione, verso una nuova filosofia dove la conoscenza, l'ingegneria e l'innovazione costituiscano gli elementi di distacco che consentano una effettiva attuazione della manutenzione migliorativa.

In questo scenario, quindi, la funzione manutenzione deve essere in grado non solo di prevenire i guasti, ma anche di progettare, monitorare e modificare i sistemi produttivi, in modo da ridurre i costi totali di operazione attraverso l'analisi continua dell'andamento storico di attrezzature ed impianti ed incorporare le nuove tecnologie disponibili, principalmente quelle che riguardano l'informazione e le comunicazioni.

Per rispondere a tali esigenze, è fondamentale ed auspicabile lo sviluppo di un'unità di ingegneria di manutenzione all'interno dell'organizzazione che sia in grado di progettare nuove alternative produttive secondo il criterio Life Cycle Cost e gestire la manutenzione degli assets, in modo da ottenere il miglioramento continuo dei risultati dell'esercizio, in ottica di PDCA.

Lo staff di ingegneria di manutenzione deve quindi essere a sostegno diretto dei processi di progettazione e miglioramento degli interventi manutentivi.

1.2 La necessità dell'interazione manutenzione - produzione

Con l'evoluzione dei sistemi di produzione industriale molte aziende europee ed occidentali stanno cercando da tempo di allinearsi ai modelli giapponesi, andando ad implementare nuovi sistemi di approccio ai processi aziendali, tra i quali la Lean Production o "produzione snella". Questo nuovo modo di pensare la produzione e tutte le altre funzioni aziendali in ottica di processi prevede il coinvolgimento di tutto il personale nell'attività di produzione e manutenzione degli impianti.

Purtroppo ancora oggi in ambito produttivo si riscontrano situazioni di competizione e contrapposizione fra produzione e manutenzione, con la prima interessata a produrre ad ogni costo e l'altra costretta a rincorrere guasti sempre più frequenti ed onerosi: è un circolo vizioso che porta a conseguenze pesanti per i costi diretti ed indiretti derivanti, non più accettabili specialmente per aziende che operano in mercati altamente competitivi.

All'interno di molte organizzazioni si dibatte sulla questione se la manutenzione sia o no una core competence: in caso affermativo essa viene considerata tra i processi chiave e quindi a pieno titolo risorsa interna (insourcing); in caso contrario (no core competence) è giustificato valutare la soluzione di estrapolarla dalla struttura della fabbrica, adottando una politica di terzizzazione del servizio (outsourcing).

1.2.1 L'ingegneria di manutenzione

Anche la funzione manutenzione deve svilupparsi verso una maggiore attenzione nel contesto del processo produttivo. Essa viene vista sempre più come una componente ben determinata e fondamentale dell'intero processo produttivo, in quanto garantisce la continuità e la qualità della produzione, rendendo disponibili impianti ed apparecchiature rispettando le politiche aziendali in termini di sicurezza, qualità e ambiente.

Tutto questo si traduce in una ingegnerizzazione dei vari processi manutentivi, vista come interconnessione di risorse umane, tecnologiche, economiche e sistemi finalizzati al comune obiettivo di:

1. ridurre i costi di manutenzione per unità di prodotto, garantendo il massimo rendimento globale dell'impianto;
2. garantire flessibilità in funzione dei piani di produzione;
3. garantire la conservazione degli assets;
4. perseguire la politica del miglioramento continuo.

Di fronte ai nuovi cambiamenti degli scenari competitivi ed alle conseguenti necessità in ambito manutentivo, è necessario giungere ad una standardizzazione delle mansioni che l'Ingegneria di Manutenzione deve svolgere. L'ingegneria di manutenzione non è quindi soltanto una funzione tecnica, ma anche una funzione di business; deve riuscire a sfruttare al meglio risorse limitate, perciò deve dotarsi di strumenti, strategie, indicatori, per definire opportuni criteri di scelta. Le attività principali devono concentrarsi sulla riprogettazione e l'ingegnerizzazione del processo manutentivo, ponendo al centro di esso la risorsa umana, sia essa operatore, conduttore d'impianto, progettista tecnico, o manutentore. Occorre agire innanzitutto sull'organizzazione del sistema, creando l'ingegneria di manutenzione a controllo e miglioramento del servizio, che, in totale sinergia con la produzione, la qualità, la sicurezza, gli acquisti, il personale, la progettazione ed il controllo di gestione, esegua o gestisca le attività manutentive, sia dal punto di vista tecnico-operativo che di quello gestionale. Compito dell'ingegneria di manutenzione è di ricoprire un ruolo attivo nel processo di miglioramento delle performance di efficacia ed efficienza secondo un approccio assolutamente di processo, non funzionale, stimolando collaborazione interfunzionale, team working e condivisione degli obiettivi.

Fondamentalmente l'ingegneria di manutenzione deve svolgere i compiti di:

1. progettazione/ingegnerizzazione del processo manutentivo;
2. misura e monitoraggio attivo delle performance;
3. miglioramento e coinvolgimento interfunzionale;
4. consolidamento ed estensione dei risultati.

È possibile schematizzare la funzione di manutenzione attraverso una mappa funzionale suddivisa in processo, sottoprocesso e funzioni generiche, riguardanti le attività principali e le microattività che il team di manutenzione dovrebbe svolgere all'interno di una organizzazione.

PROCESSO	SOTTOPROCESSO	FUNZIONI GENERICHE
<p>FORNIRE SERVIZI DI MANUTENZIONE COMPETITIVI</p>	<p>Gestire gli interventi di manutenzione su sistemi, attrezzature e componenti</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programmazione e controllo della messa in opera della Manutenzione programmata ▪ Programmazione e controllo della messa in opera della manutenzione correttiva ▪ Controllo della messa in opera della manutenzione emergenziale ▪ Rifornimenti e spedizione di materiali e ricambi ▪ Gestione delle risorse umane ▪ Gestione tecnica ▪ Gestione delle risorse umane
	<p>Sviluppare l'esperienza di manutenzione tesa a progettare strategie, politiche, programmi caratterizzati e interventi dimiglioramento e controllo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sviluppo di metodi e procedure di lavoro ▪ Stesura di norme e standard di manutenzione ▪ Pianificazione della manutenzione ▪ Analisi di guasti in attrezzature e componenti ▪ Miglioramento continuo dei processi di manutenzione ▪ Tutela della sicurezza e dell'ambiente ▪ Gestione del sistema a forma attiva di manutenzione ▪ Visite e pianificazione del business di manutenzione

Figura 1 - mappa funzionale delle attività di manutenzione

Da tale pianificazione del processo di manutenzione, il risultato ottenibile è il “catalogo di competenze professionali”, il quale rappresenta l’insieme di attività tangibili necessarie per l’adempimento della gestione della manutenzione da parte dell’organizzazione.

Tali attività possono essere raggruppate in tre processi o mansioni fondamentali:

- progettare la manutenzione tramite la definizione e lo sviluppo di attività a medio e lungo termine tese ad irrobustire la funzione manutenzione ed i risultati complessivi del business;
- controllare lo sviluppo della manutenzione attraverso la valutazione sistematica dei processi impiegati e dei risultati ottenuti, allo scopo di individuare eventuali scostamenti rispetto a mete ed obiettivi prestabiliti;
- effettuare il miglioramento continuo della manutenzione.

Quindi si può concludere che l’Ingegneria di manutenzione è caratterizzata da elevata complessità ed interdisciplinarietà e richiede un’equipe composta da professionisti di diversa origine ed esperienza.

Anche il reclutamento di professionisti dotati delle competenze richieste per lo sviluppo dell’Ingegneria di manutenzione è difficile da attuare poiché gran parte dei manager delle aziende manifatturiere, che mancano per lo più di sensibilità nei riguardi dell’Ingegneria di manutenzione, ritengono che la manutenzione generale altro non sia che un costo necessario, e quindi difficilmente privilegiano investimenti e spese per favorire lo sviluppo di questa area dell’impresa. Fondamentalmente l’ingegneria di manutenzione deve non soltanto occuparsi delle attività esecutive della gestione di manutenzione, ma anche e soprattutto occuparsi della manutenzione migliorativa (o proattiva).

1.3 I costi di manutenzione

Qualunque organizzazione finalizzata al mantenimento dei beni aziendali ha lo scopo di ridurre il costo globale di manutenzione, risultante dalla somma dei costi diretti e dei costi indiretti. Comunque la manutenzione non deve essere vista unicamente come un sistema aziendale che costa, ma che ha anche un “valore” come fonte di risparmio dei costi conseguenti ai guasti che la manutenzione permette di evitare e come fattore d’incremento delle opportunità di profitto conseguenti ad un miglior funzionamento dell’entità. È opportuno perciò, nel valutare la manutenzione da un punto di vista economico, considerare non solo il costo delle risorse (materiali, attrezzature, personale) utilizzate per eseguirla, ma quantificare anche il valore che essa produce in termini di servizio erogato.

La struttura complessiva dei costi di manutenzione è indicata in Figura, in particolare per quanto riguarda la manutenzione ordinaria:

1. il costo delle risorse utilizzate è espresso mediante i costi propri. Essi comprendono tutti i costi direttamente associati all’esecuzione degli interventi (manodopera e materiali) ed i costi indiretti organizzativi e di funzionamento (costi della struttura di manutenzione, costi dei servizi ed attrezzature utilizzati dalla manutenzione);
2. il valore del servizio è invece espresso attraverso i cosiddetti costi indotti. Essi sono esprimibili come la valorizzazione economica di mancate prestazioni rispetto ad obiettivi fissati per le entità oggetto di manutenzione. Il concetto di mancata prestazione può riguardare diversi aspetti: i costi della mancata sicurezza di esercizio (per il personale, la proprietà e l’ambiente), i costi della mancata erogazione del servizio, i costi della mancata qualità di esercizio, i costi della riduzione di efficienza (inefficienza di esercizio).

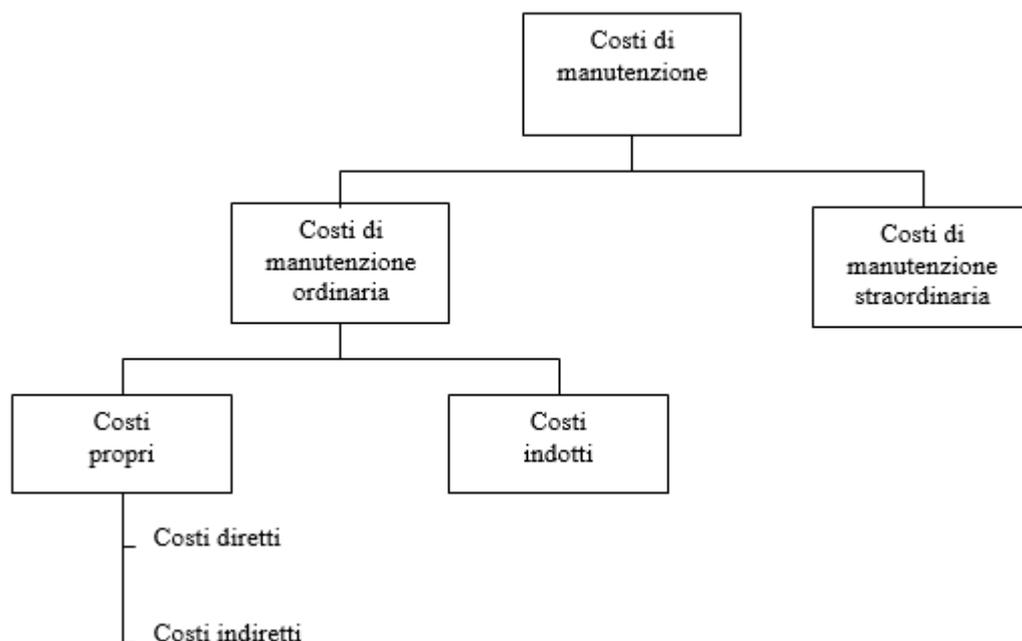


Figura 2 - struttura complessiva dei costi di manutenzione

Vediamo quali fattori incidono sui costi di manutenzione ordinaria.

I costi propri di manutenzione, in funzione della loro natura, si possono dividere fra costi propri diretti e costi propri indiretti.

I **costi propri diretti** si articolano in:

- *costi di manodopera interna*;
- *costi di manodopera esterna* (prestazioni di terzi);
- *costi dei materiali e parti di ricambio*.

I **costi propri indiretti**, invece si suddividono in:

- *costi della struttura di manutenzione* (costi della manodopera indiretta di manutenzione, come ad esempio costo dei capi officina, dei capi squadra, del personale di ingegneria di manutenzione, del gestore del magazzino materiali);
- *costi dei servizi tecnici ed attrezzature di funzionamento* (comprendono i costi annui delle attrezzature, del materiale d'esercizio generale, del materiale ausiliario e dei servizi tecnici necessari per lo svolgimento delle attività di manutenzione);
- *costi di immobilizzo dei materiali di ricambio e dei materiali di consumo diretto* (costi di immobilizzo a magazzino dei materiali di manutenzione);

- *costi dei servizi ausiliari* (sistema informativo di manutenzione) impiegati nella manutenzione.

I **costi indotti** nascono come conseguenza dell'interruzione del servizio/funzione dell'entità, interruzione che può avere due diverse origini: il guasto (interruzione casuale ed estemporanea del servizio) o la volontaria interruzione per effettuare interventi di mantenimento. Tali costi sono dovuti principalmente a:

- *mancata produzione* a causa della ridotta disponibilità degli impianti;
- *mancata qualità* (ad esempio scarti di prodotto a causa della riduzione della capacità del processo);
- *inefficienza del servizio* (riduzione dei livelli di servizio, tempi di consegna di un prodotto, a causa di ritardi nell'esecuzione dei piani di produzione);
- *allungamento dei tempi di manutenzione*, in quanto gli interventi a guasto, imprevisti, richiedono tempi "amministrativi" più lunghi;
- *degrado degli impianti*: la loro cattiva conservazione porta a rotture frequenti e riduzione della capacità di processo;
- *mantenimento a scorta dei ricambi*: il livello dei magazzini è sempre alto se si adotta una politica di attesa del guasto. Solo con una politica preventiva è possibile ridurre il livello medio di giacenza ed ottimizzare la composizione del magazzino;
- *sprechi di energia*;
- *mancata sicurezza* (aumento del rischio di incidenti ed infortuni).

I costi propri diretti possono essere ridotti attuando un miglior controllo degli interventi standard: è possibile, anche mediante un'analisi storica sulle tipologie dei guasti accaduti, definire una serie di interventi di routine per i quali siano definibili nel dettaglio le modalità operative, tempistiche, attrezzature, quantità e specializzazioni del personale.

I costi propri indiretti, invece, possono essere ridotti solo attuando una politica preventiva: svincolarsi dal rischio di guasto improvviso costituisce l'obiettivo finale di una moderna manutenzione, che ha tre scopi principali:

- 1) riparare i guasti;
- 2) impedire la loro insorgenza;
- 3) migliorare le prestazioni degli impianti.

Nella figura seguente sono rappresentate le curve dei costi propri (curva A), di quelli indotti (curva B) e di quelli totali (curva C), somma di A e di B.

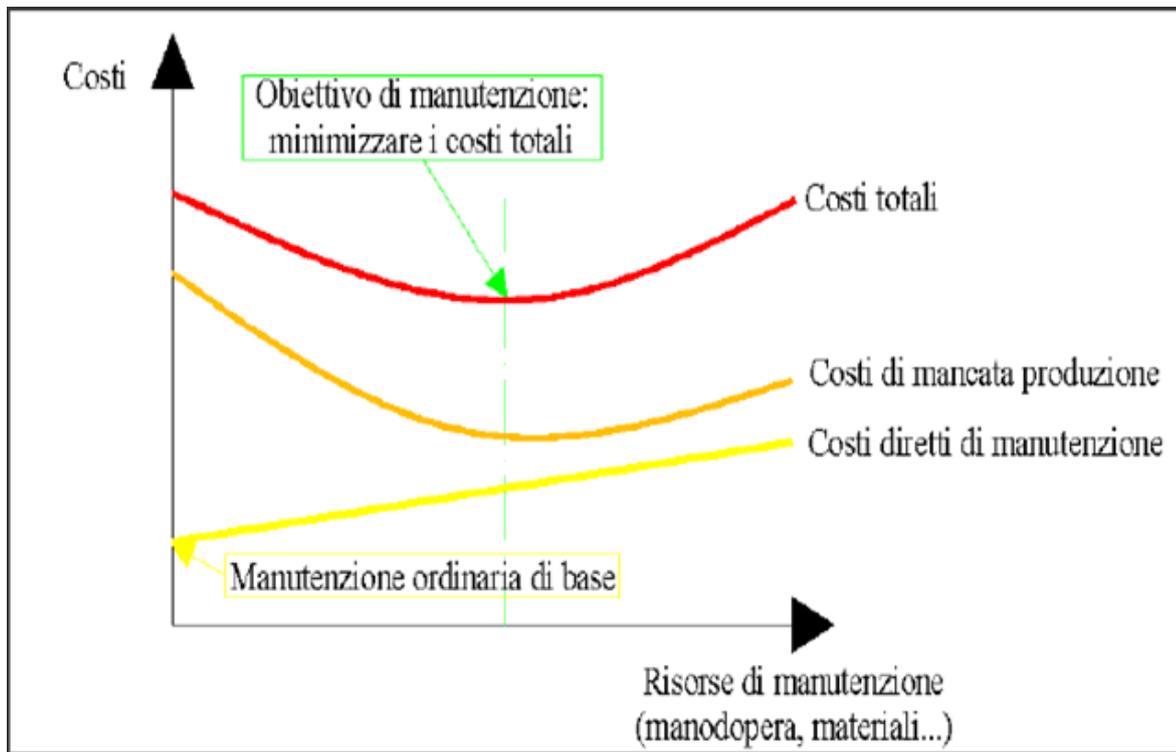


Figura 3 - costo totale di manutenzione

1.4 Le politiche di manutenzione

1.4.1 Introduzione

Per realizzare la missione della manutenzione e raggiungere gli obiettivi strategici di disponibilità operativa delle entità e di contenimento dei costi di manutenzione, è fondamentale costruire un progetto di manutenzione, ossia percorrere un iter progettuale che porta a definire razionalmente gli approcci di manutenzione più congrui sia dal punto di

vista tecnico che organizzativo. Un primo passo è quello di decidere le politiche con cui realizzare la mission definita, caso per caso, per la manutenzione e perseguirne gli obiettivi strategici. In particolare si tratta di definire:

- se e quando operare con interventi di riparazione solo a seguito di un guasto;
- se e quando è invece più opportuno prevenire i guasti effettuando interventi preventivi di manutenzione;
- per quali entità e attività di manutenzione è opportuno impegnarsi nella ricerca di soluzioni di miglioramento della situazione esistente.

La progettazione delle politiche di manutenzione significa quindi decidere in anticipo le modalità di effettuazione delle attività di manutenzione che dovranno essere svolte sull'entità. In tal modo, esse non saranno frutto di una mera casualità, ma conseguenze di scelte razionali e coscienti derivanti da tali politiche. Questa presa di coscienza risulta dalla capacità di rispondere ad una serie di domande strategiche:

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

Le diverse politiche di manutenzione comunemente adottate a livello industriale, applicate alle diverse tipologie di componenti consentono quindi di costruire un programma di manutenzione ottimale di un sistema oggetto di analisi.

Tali politiche comunemente adottate possono essere classificate in quattro grandi categorie: manutenzione correttiva (a guasto), preventiva programmata, preventiva su condizione e migliorativa. Di seguito vengono analizzate singolarmente al fine di evidenziarne le principali caratteristiche, indicare la tipologia di componenti per i quali ciascuna è più adatta, i punti di forza e di debolezza legati alla loro adozione e le esigenze in termini di risorse umane tipicamente connesse alla loro gestione.

La figura riportata in seguito invece mostra una schematizzazione di tutti gli interventi eseguibili su un'entità.

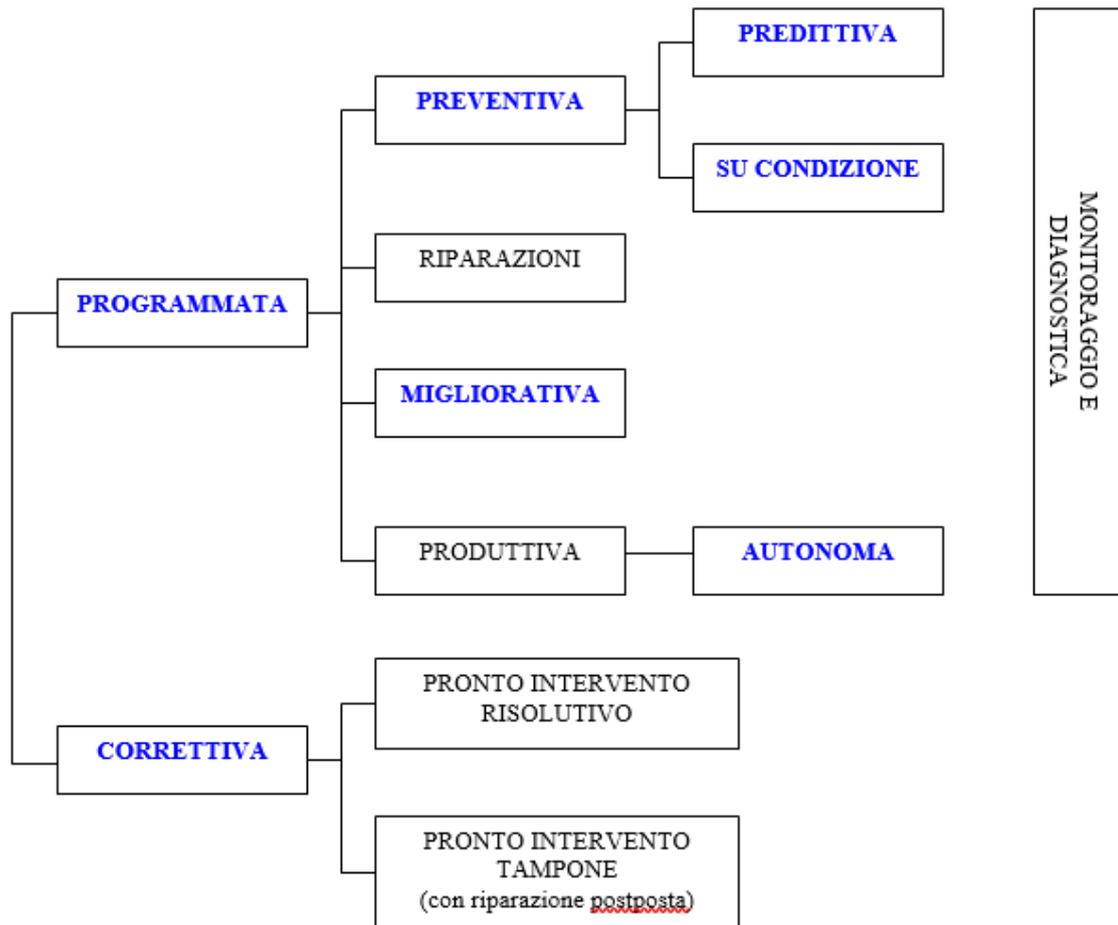


Figura 4 - principali tipologie manutentive

1.4.2 Manutenzione correttiva (a guasto)

L'approccio di manutenzione correttiva prevede che l'entità venga mantenuta in esercizio fintanto che il manifestarsi del guasto o il progredire del degrado di funzionamento imponga al gestore dell'esercizio il suo arresto. Il necessario intervento di manutenzione ha quindi l'obiettivo di riparare l'entità e ripristinare le condizioni iniziali di funzionamento nel minor tempo possibile.

La manutenzione correttiva può presentare diversi livelli, a seconda che si tratti di una riparazione di carattere provvisorio o di una riparazione durevole degli elementi guasti effettuata seguendo dei criteri di qualità ben definiti. A volte la riparazione di un guasto grave può essere l'occasione per effettuare una revisione generale dell'attrezzatura, per rimetterla al livello delle prestazioni di una attrezzatura nuova, persino migliorarla, con la sostituzione di alcune parti originali con elementi adattabili.

Nella situazione odierna, la manutenzione correttiva rimane di grande attualità, poiché non è tecnicamente possibile pretendere di annullare tutti i guasti di un sistema, ma solo ridurli o cercare di prevenirli agendo sistematicamente.

Questa tipologia manutentiva è caratterizzata da un costo contenuto in quanto si interviene solo quando strettamente necessario, a seguito del guasto; viceversa impone un immobilizzo non indifferente di capitali per i magazzini in quanto i ricambi devono essere immediatamente disponibili onde evitare lunghe fermate produttive.

Dal punto di vista della gestione delle risorse umane non risulta ottimale poiché si lavora in emergenza alternando momenti di sovraccarico lavorativo a momenti di inattività. Tale situazione può essere parzialmente evitata adottando soluzioni organizzative volte ad allargare il compito assegnato ai manutentori addetti all'emergenza.

Può risultare una scelta efficace se applicata su macchinari non critici a basso costo, per cui l'accidentalità del guasto non ha impatti attesi di sicurezza per l'uomo o per l'ambiente, ma deve sempre essere preceduta da una precisa analisi in grado di confrontare i risultati ottenibili con tutte le diverse attività manutentive alternative applicabili.

Quindi in caso di applicazione di tale politica di manutenzione, nel tempo a calendario dell'entità risultano registrati solamente gli eventi degli interventi a guasto, dato che non si

effettua alcun intervento di manutenzione o sostituzione di componenti se non si è arrivati alla condizione di guasto come mostrato in figura :

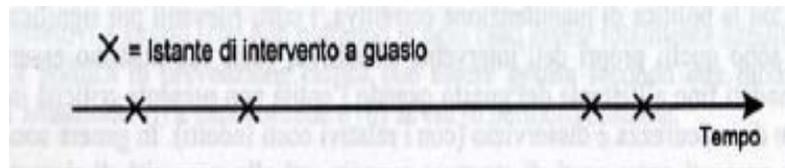


Figura 5 - manutenzione correttiva nel tempo a calendario di un'entità

I punti di forza sono quindi:

- bassi costi se correttamente applicata
- non richiede strutture organizzative e strutture particolarmente complesse

I punti di debolezza sono:

- nessun preavviso di guasto con i problemi derivati di sicurezza, interruzione di servizio e quindi di mancanza di produzione;
- non permette l'utilizzo ottimale delle squadre di manutenzione, spesso inutilizzate in attesa di guasti;

magazzino ricambi sovradimensionato per rispondere alla necessità di proteggersi dall'accidentalità di accadimento del guasto.

1.4.3 Manutenzione preventiva – programmata

La manutenzione preventiva programmata (detta anche a cicli prefissati, o sistematica), consiste in interventi effettuati periodicamente, con periodicità fissa. L'obiettivo principale di questo approccio consiste nell'evitare per quanto possibile l'insorgenza del guasto e preservare in buone condizioni gli impianti durante la loro vita operativa.

Questa tipologia manutentiva ha un campo di applicazione assai vasto nonostante lo sviluppo degli altri tipi di manutenzione ritenuti più evoluti. Si tratta innanzitutto di controlli prescritti dalle leggi o dalle norme di sicurezza, e dei controlli senza obbligo legale. A tali controlli si aggiungono gli interventi di carattere periodico, come:

- la periodica pulizia delle attrezzature per assicurarne il corretto stato di funzionamento e facilitarne l'individuazione delle anomalie;
- la lubrificazione e l'ingrassaggio degli elementi meccanici per evitarne o ritardarne l'usura e ridurre le perdite di energia;
- le visite sistematiche per regolazioni, riavvitamento dei bulloni, piccoli interventi, ecc.;
- le revisioni sistematiche, limitate o generali, che includono la sostituzione periodica sistematica di alcuni elementi, la rilavorazione a nuovo di un componente o di una sua parte, il controllo di un intero assemblaggio allo scopo di verificare tolleranze ed accoppiamenti;
- lavori periodici di natura diversa quali la pulizia dei filtri montati su condutture di gas o tubazioni di liquidi, interventi di protezione dalla corrosione, di protezione dal gelo, ecc.

La manutenzione preventiva programmata è caratterizzata da costi piuttosto elevati in quanto, dovendo intervenire con largo anticipo sul guasto, spesso si sostituiscono componenti relativamente nuovi o si effettuano operazioni che potrebbero essere rimandate più in là nel tempo. D'altra parte questo approccio garantisce magazzini ricambi più snelli in quanto l'ordine del ricambio può essere fatto sulla base del piano di manutenzione garantendo la disponibilità della parti quando necessarie. Questa strategia manutentiva negli ultimi anni, è stata messa in discussione dall'evidenza che la maggior parte dei guasti hanno una probabilità di accadimento casuale e, quindi, la manutenzione a tempi fissati ha una limitata efficacia nell'aumentare la disponibilità dell'impianto.

Quindi affinché un intervento di manutenzione preventiva possa essere considerato tecnicamente realizzabile, occorre siano verificate le seguenti condizioni:

- deve esistere un momento della vita del componente nel quale si verifica un aumento rilevante della probabilità di guasto causata da segni di usura;
- solo una minima parte dei componenti (nessuno in caso di conseguenze sulla sicurezza o sull'ambiente) è soggetta a guasto prima del momento dell'intervento;

l'intervento deve ripristinare le originarie condizioni di affidabilità del componente.

I **punti di forza** sono quindi:

- riduzione dei guasti
- ottimizzazione delle scorte dei materiali
- riduzione dei costi delle perdite di funzionalità a seguito di guasti accidentali
- riduzione dei tempi di fermo impianto rispetto alla manutenzione correttiva.

I **punti di debolezza** sono:

- aumento delle attività e dei costi diretti di manutenzione (programmazione di manutenzioni potenzialmente non necessarie);
- è applicabile solo per problemi legati all'invecchiamento degli impianti
- a volte può indurre essa stessa dei guasti (mortalità infantile)

1.4.4 Manutenzione predittiva

La manutenzione su condizione nasce come compromesso tra la manutenzione correttiva e la preventiva programmata, cercando di massimizzare i vantaggi delle due e minimizzarne i difetti. Per questa tipologia di approccio manutentivo si intende la messa a punto di una procedura di diagnosi che permetta di monitorare il componente e identificare anticipatamente il momento in cui questo inizia a passare verso lo stato di guasto.

Lo scopo principale della manutenzione predittiva è quello di conoscere in anticipo i problemi delle macchine senza disturbare le normali operazioni di servizio. Inoltre tale politica manutentiva permette una valutazione oggettiva delle condizioni operative delle macchine attraverso l'utilizzo di diverse tecniche diagnostiche. In questo modo, a partire dalla conoscenza delle condizioni operative della macchina, è possibile programmare in anticipo gli interventi manutentivi, avendo un minimo impatto sulla produzione e limitando gli interventi alle sole macchine che ne hanno realmente bisogno. Inoltre diminuisce sino a tendere a zero la possibilità che avvengano rotture catastrofiche e di conseguenza la fermata degli impianti.

La manutenzione predittiva non richiede né la fermata degli impianti, né lo smontaggio degli stessi e permette una precoce individuazione sia delle anomalie che della loro gravità, fornendo una stima del tempo residuo di funzionamento ed evitando inoltre le fermate programmate.

La manutenzione predittiva apporta anche dei benefici sui costi diretti, gli interventi vengono pianificati ed effettuati nel normale orario di lavoro, senza ricorrere a personale esterno; i materiali necessari per l'intervento (parti di ricambio) vengono fatti arrivare al momento opportuno senza inutili e costose giacenze in magazzino.

Questa manutenzione ha i seguenti obiettivi:

1. evitare gli smontaggi, talvolta inutili, prescritti dalla manutenzione sistematica, perché costosi ed in grado di costituire un'ulteriore fonte di avaria;
2. evitare il guasto, quindi accrescere la sicurezza delle persone e dei beni, riducendo i rischi di incidenti ai lavoratori e di gravi avarie alle macchine ed impianti;

3. evitare gli interventi di urgenza seguendo l'evoluzione nel tempo degli inizi delle anomalie, al fine di intervenire nelle condizioni più favorevoli.

Le fasi della manutenzione su condizione comprendono essenzialmente:

- individuazione del sintomo che denuncia il deterioramento dello stato dell'attrezzatura o delle sue condizioni di funzionamento;
- trasmissione di un segnale di allarme corrispondente alla variazione, misurata, di tale stato
- trattamento e memorizzazione delle informazioni ricevute, in particolare lo scatto di un allarme al di là di una soglia di sicurezza fissata in precedenza;
- diagnosi delle cause e valutazione delle conseguenze della variazione di stato;
- previsione di azioni di intervento, immediate o differite, a seconda dell'importanza della variazione di stato e della sua evoluzione;
- decisione riguardante le azioni e le loro modalità.

Quindi la manutenzione su condizione riguarda in particolare tutti quei componenti per i quali, ad eccezione di un periodo iniziale, non esiste un legame tra l'età ed i guasti.

I controlli e le diagnosi accompagnano quindi l'attrezzatura durante tutto il suo relativo periodo di vita. Tra le tecniche di diagnosi normalmente utilizzate si ricordano: analisi vibrazionale, termografia, raggi X, liquidi penetranti, ultrasuoni, controlli dei lubrificanti, endoscopia.

Il controllo dei segnali deboli può essere saltuario o continuativo. La messa a punto delle politiche su condizione non è sempre banale dal momento che è necessario imparare a conoscere, sul campo, i segnali di guasto incipiente che il componente invia all'utente e per far questo è necessaria un'attenta e talvolta complessa taratura dei sistemi di monitoraggio. Riassumendo, si può affermare che la realizzazione di una politica su condizione necessita la possibilità di individuare un sintomo, la stretta correlazione tra sintomo e stato dell'attrezzatura, la progressività del deterioramento al fine di poterne stimare la velocità di evoluzione e disporre così di un intervento appropriato.

Dal punto di vista economico la Manutenzione su Condizione limita gli smontaggi "inutili": si interviene solo quando il guasto è imminente, ma ha lo svantaggio di comportare elevati

investimenti sia per l'acquisto del sistema di diagnosi, sia per l'addestramento del personale. L'approccio ha inoltre il vantaggio di ridurre al minimo la probabilità di incorrere nei guasti e garantisce una pianificazione accurata degli interventi delle squadre di manutenzione.

I **punti di forza** derivanti dall'adozione di tale strategia manutentiva sono:

- aumento della disponibilità dell'impianto;
- migliore gestione del magazzino ricambi;
- aumento della vita utile dei componenti;
- alcune forme di ispezione possono essere eseguite a bassissimo costo;
- permette di fermare gli impianti prima di un blocco (migliore sicurezza sia in esercizio sia in manutenzione);
- consente di analizzare le cause di guasto;
- miglioramento del controllo della disponibilità e sicurezza dei macchinari;

I **punti di debolezza** sono:

- molte delle tecniche diagnostiche richiedono attrezzature specialistiche e training con conseguenti costi d'investimento;
- è necessario un certo periodo di tempo per sviluppare trends, valutare le condizioni delle macchine ed individuare le relative soglie di allarme.

1.4.5 Manutenzione migliorativa

Questa categoria di attività è fortemente legata con altre funzioni aziendali, come la progettazione e la produzione, oltre che con il mercato esterno dei fornitori. Il rapporto con questi ultimi, nell'ottica di attivare un processo di manutenzione migliorativa, diventa un'importante discriminante nell'efficacia dei risultati.

I punti di forza sono:

- alcune azioni possono essere intraprese con bassi costi ed alta efficacia;
- problemi ricorrenti possono essere definitivamente rimossi.

I punti di debolezza sono:

- le cause primarie di guasti possono essere di difficile individuazione;
- vaste azioni di riprogettazione possono essere molto costose con lunghi periodi di fermo macchina;
- i risultati previsti non sono sempre raggiunti;
- vengono introdotte nuove apparecchiature e quindi nuove possibilità di guasto.

1.5 Strategia delle politiche di manutenzione

Scegliere una politica di manutenzione non significa escludere tutte le altre, dato che comunque il guasto può sempre accadere e che, in ogni caso, per i diversi componenti di un'entità si possono prevedere politiche di manutenzione diverse. La scelta delle politiche di manutenzione è orientata a determinare il giusto mix di politiche di manutenzione da assegnare alle responsabilità organizzative ed alle risorse disponibili.

È anzitutto utile individuare in maniera chiara i criteri strategici da seguire nella scelta delle politiche, perché, quando i beni sono numerosi e diversi tecnologicamente tra di loro, diverse sono le politiche che meglio si adattano ad ogni categoria di entità.

I principali criteri che devono essere tenuti in considerazione nella stesura delle logiche decisionali sono i seguenti:

- criticità del componente o della linea distinguendo se è critico ai fini della sicurezza, protezione ambientale o produttività: in genere si distingue la criticità in termini di

sicurezza/ambiente rispetto alla criticità sulla produttività/investimento in quanto la criticità sulla sicurezza ed il rispetto dell'ambiente non si possono derogare; si deve quindi intervenire con politiche preventive programmate o su condizione: gli aspetti di produttività/investimenti sono più elastici e possono essere affrontati in termini di costi-benefici, valutando se il beneficio derivante dalla possibilità di prevenire il guasto ricompensa le spese derivanti da approcci manutentivi preventivi; i componenti non critici, salvo casi in cui l'approccio preventivo è a basso costo, possono essere mantenuti con politiche correttive.

- Vincoli di legge, assicurativi o di garanzia: di norma i fornitori di apparecchiature impongono ispezioni o sostituzioni periodiche programmate senza le quali scadono le garanzie; le norme stesse richiedono tale approccio (ad esempio la taratura periodica delle valvole di sicurezza) e spesso anche le compagnie di assicurazione vincolano il premio alle politiche di manutenzione adottate.
- Applicabilità dal punto di vista tecnico, di politiche su condizione: la manutenzione su condizione è la più vantaggiosa, ma purtroppo non è sempre applicabile per mancanza di un segnale debole "affidabile" in grado di garantire sempre il riconoscimento del guasto imminente oppure, pur essendo disponibile, il segnale debole precede di poco il guasto non consentendo alla manutenzione di organizzare in modo adeguato l'intervento; in questi casi se il componente è critico si dovrà ricorrere alla preventiva programmata, altrimenti si lascia il componente in correttiva.
- Costi degli interventi preventivi: per i guasti non critici solo in termini produttivi, un elemento di giudizio per la scelta della politica ottimale è il costo aggiuntivo derivante dagli interventi preventivi; in caso di Manutenzione Preventiva Programmata il costo deriva dall'impegno a revisionare e sostituire parti ben prima che queste arrivino in prossimità della condizione di guasto, d'altro canto come affermato precedentemente la preventiva permette di snellire i magazzini ricambi. Per quanto riguarda la Preventiva su condizione rimane il vantaggio per la gestione dei magazzini, si evitano gli smontaggi inutili, ma si deve valutare attentamente l'investimento necessario per installare i sistemi e le procedure di monitoraggio
- Problematiche organizzative connesse alle politiche correttive: la politica correttiva è quella più facile da attuare, ma richiede notevole flessibilità delle squadre e la capacità di operare in emergenza; richiede inoltre un magazzino ben fornito onde evitare ritardi logistici sulle riparazioni.

Comunque tale politica deve essere sempre meno utilizzata, anche se non può essere del tutto abbandonata, perché anche una pianificazione ottimale non può essere in grado di evitare tutti i guasti; inoltre la correttiva è la più vantaggiosa per i componenti non critici.

Lo schema seguente mostra il processo decisionale che porta alla scelta della politica manutentiva più adatta al caso in esame sulla base dei criteri stabiliti.

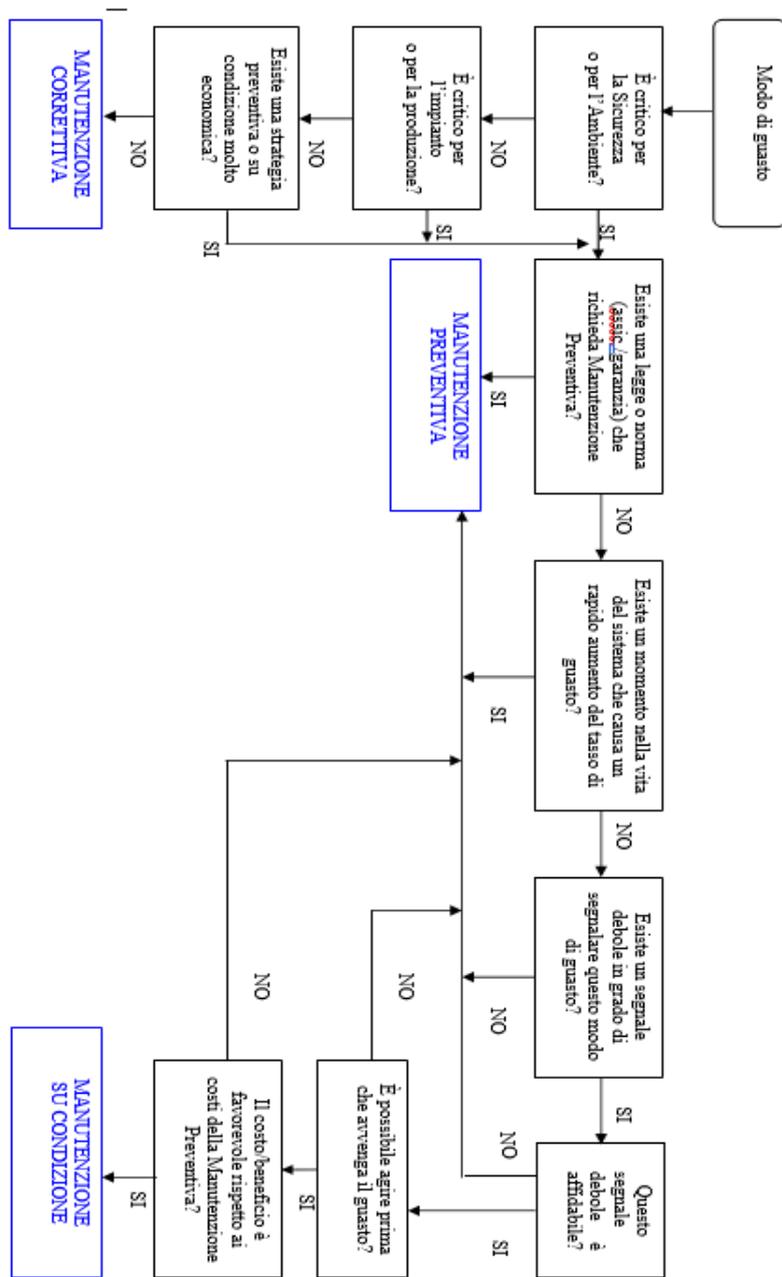


Figura 6 - logica decisionale per la selezione delle politiche manutentive ottimali

2. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE -TPM

La manutenzione produttiva (o migliorativa) consiste nell'insieme delle azioni volte a diminuire la criticità di funzionamento di un sistema (dispositivo, impianto, ecc.) e a migliorarne la manutenibilità allo scopo di aumentarne l'efficienza e ridurre i costi di manutenzione senza incrementare il valore patrimoniale. Questa tipologia di manutenzione si ottiene utilizzando, in modo opportunamente progettato, tutte le possibili strategie di manutenzione al fine di giungere all'integrazione delle funzioni manutentive mediante attività preventive, volte ad annullare i guasti imprevisti, attività di monitoraggio e attività di miglioramento del sistema. La manutenzione produttiva è quindi la somma di attività volte sia a ripristinare l'efficacia funzionale e operativa dei beni patrimoniali sia a migliorare tale efficacia, allungando in tal modo la vita utile del bene.

L'evoluzione della manutenzione produttiva è la Total Productive Maintenance (TPM), marchio registrato dal Japan Institute of Plant Maintenance volto a certificare il sistema produttivo. La TPM è una tecnica sviluppata in Giappone presso gli stabilimenti della Toyota Motor Company negli anni '70 e dagli anni '80 si è estesa in Occidente dove ha iniziato a essere adottata. L'innovatività dell'approccio consiste nella convinzione che ogni vincolo possa essere superato e ogni situazione migliorata, purché venga adottato un percorso migliorativo continuo, passo dopo passo.

La TPM è uno sforzo a livello dell'intera organizzazione tecnico produttiva aziendale per migliorare la qualità negli impianti e garantirne l'efficacia:

- Total, che compete a tutti / che mira ad eliminare ogni possibile difetto, anomalia e guasto;
- Productive, che riduce le cause di indisponibilità / che minimizza i problemi per la produzione;
- Maintenance, che mantiene gli impianti in buone condizioni d'uso / che conserva le macchine di produzione pulite e funzionanti

Le attività della TPM consistono nel:

- progettare la manutenzione, cioè scegliere le strategie, definendo la sostituzione ottimizzata di apparecchiature e sottosistemi, la standardizzazione dei cicli e dei metodi di intervento, la definizione della gestione delle scorte a magazzino;
- migliorare l'efficacia e l'efficienza dei metodi e dei criteri manutentivi per incrementare l'affidabilità e la manutenibilità degli impianti, promuovendo azioni di individuazione, sviluppo e attuazione di modifiche impiantistiche che permettano l'eliminazione delle criticità;
- controllare il sistema mediante attività sistematiche di analisi dei guasti e monitoraggio, nell'ottica di migliorarne disponibilità e conservazione, verifica dei piani di manutenzione preventiva e programmata e degli interventi di modifica proposti, gestione dei dati di analisi dei guasti, verifica dell'avanzamento dei piani di manutenzione controllo del budget degli aspetti tecnico/economici.

La TPM mira a raggiungere un impiego più efficiente ed efficace degli impianti, a eliminare le perdite tramite prevenzione, unendo le persone dei differenti settori aziendali e richiedendo supporto e collaborazione da parte di tutti, a partire dalla direzione generale, con l'obiettivo di raggiungere le "zero perdite", attraverso attività basate su piccoli gruppi autonomi. La TPM si fonda su 8 attività :

1. Miglioramento specifico: Si concentra sul tentativo di risolvere i problemi partendo da un'analisi dettagliata e costituendo gruppi di lavoro dedicati che coinvolgono tutti i livelli.
2. Manutenzione autonoma: Si basa sul coinvolgimento del personale dedicato ai sistemi produttivi. Cerca di rendere abile l'operatore a eseguire auto-manutenzione sulla macchina per ridurre i fermo-macchina dovuti a degrado e negligenza.
3. Manutenzione pianificata: Mira a definire gli standard di ispezione e controllo e le tipologie manutentive necessarie a definire il piano di manutenzione, mantenere e ripristinare le specifiche di avvio del processo, migliorare le prestazioni per ottenere elevata disponibilità e affidabilità.
4. Manutenzione per la qualità: Costituisce l'insieme delle metodologie per gestire i sistemi produttivi, con l'obiettivo di prevenire la comparsa di difetti. Si basa su

un'adeguata raccolta dei dati provenienti da tutto il sistema produttivo. Si attua attraverso passi che vanno dall'analisi dei difetti, allo studio di contromisure e di miglioramenti, dalla validazione al consolidamento delle migliorie, alla redazione di appropriati standard di verifica.

5. Formazione e addestramento: Stabilisce e gestisce in modo standardizzato le attività di formazione svolte dall'azienda e che coinvolgono l'intero personale.
6. Sicurezza e ambiente: Sovrintende a tutte le procedure per la gestione dell'interazione dell'azienda con l'ambiente (Controllo Ambientale e Sicurezza Aziendale), integrando le normative vigenti con le procedure interne.
7. TPM d'impostazione: Definisce gli standard per la progettazione a tutti i livelli
8. TPM uffici: Assimila le attività amministrative a quelle produttive ed estende i contenuti del TPM (così come avviene per il sistema qualità) a tutte le funzioni aziendali.

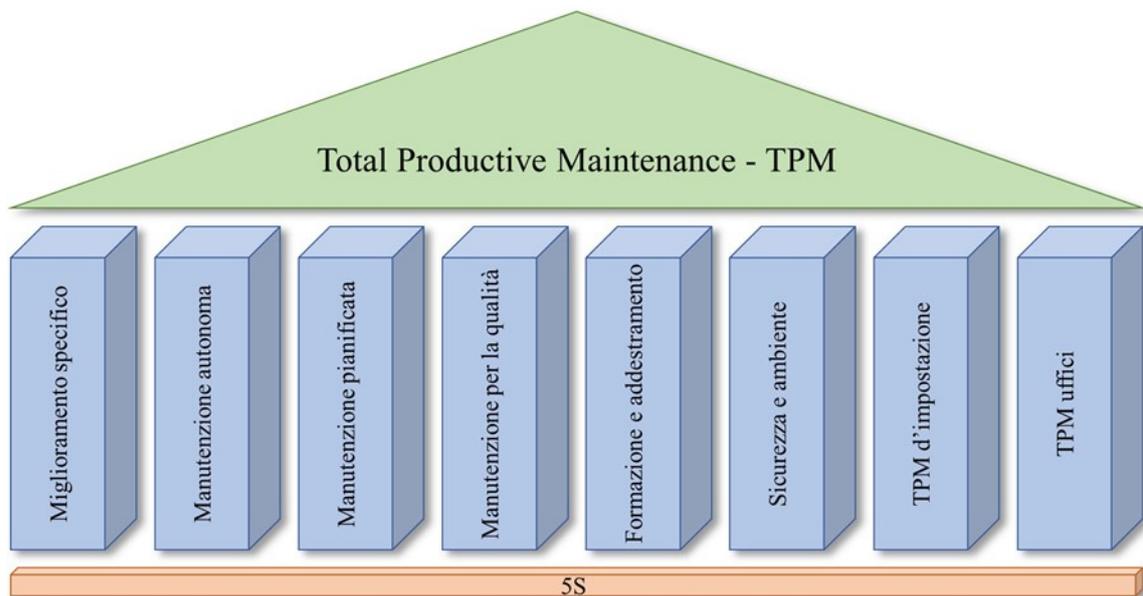


Figura 7 - pilastri della TPM

Le prime 4 attività (miglioramento specifico, manutenzione autonoma, manutenzione pianificata, manutenzione per la qualità) sono ritenute basilari e devono essere attivate nei primi 3 anni da quando si adotta un piano TPM.

Le rimanenti 4 (formazione e addestramento, sicurezza e ambiente, TPM d'impostazione, TPM uffici) possono essere adottate una volta che in azienda si sia raggiunta una certa familiarità con il processo TPM.

La TPM fonda i suoi pilastri sullo strumento delle **5S**: si tratta di un approccio che aiuta a rendere, per poi mantenere, pulita ed ordinata la postazione di lavoro, eseguendo semplici e frequenti azioni di miglioramento. Il nome deriva dalle 5 fasi in cui lo strumento si concretizza ed il concetto che ne sta alla base è quello di *definire un posto per ogni cosa per mantenere ogni cosa al suo posto*. Nel dettaglio, si individuano i seguenti step:

1. SEIRI (Separare): si chiede di rimuovere dalla postazione di lavoro tutto ciò che non è necessario (materiali, attrezzature, utensili) e di definire la frequenza con cui ciò che viene definito come "utile" venga effettivamente impiegato nell'esecuzione del processo di produzione. Per eseguire questa prima attività preliminare si organizza un'area detta "Area di quarantena", in cui vanno riposti tutti gli articoli presenti nell'area in esame, ognuno etichettato con un tag che riporti la propria utilità;
2. SEITON (Ordinare): si chiede di stabilire un posto per ogni materiale, attrezzatura o strumento, in modo tale che ciascuno possa essere in grado di capire immediatamente dove trovare ogni cosa, in modo tale da eliminare i tempi impiegati per la ricerca di strumenti e materiale;
3. SEISO (Pulire): si chiede di eliminare polvere, sfridi di materiali, residui di componenti dall'area di lavoro in modo tale che, pulendo, si ispezioni la zona e si identifichino le fonti di sporco e le problematiche riguardanti la postazione;
4. SEIKETSU (Standardizzare): affinché le condizioni a questo punto raggiunte vengano poi mantenute, si chiede di definire e programmare attività standardizzate di ispezioni e pulizia;
5. SHITSUKE (Mantenere): una volta programmate le attività periodiche da eseguire, è necessario monitorare che queste vengano effettuate e utilizzare eventuali feedback per migliorare continuamente gli standard della postazione.

3. METODOLOGIA RELIABILTY CENTERED MAINTENANCE (RCM)

3.1 L'approccio alla manutenzione basato sul metodo RCM

Per ottenere un vantaggio competitivo attraverso la funzione manutentiva, l'organizzazione aziendale deve sviluppare internamente e diffondere a tutti i livelli la consapevolezza che la manutenzione non è un centro di costo, bensì una fonte di ricchezza e valore aggiunto.

Da una ricerca condotta da AIMAN, Associazione Italiana di Manutenzione, a proposito della situazione della manutenzione a livello nazionale, è emerso come si preferiscano riduzioni di costo nel breve/medio periodo, piuttosto che il mantenimento nel tempo del valore dei beni. Inoltre, la tensione verso una sempre maggiore produttività ha comportato una progressiva riduzione della manodopera, che in manutenzione rappresenta circa i 2/3 della spesa complessiva.

Questa visione della funzione manutentiva è ancora vincolata al concetto che al verbo "mantenere" si associa l'evento esecutivo di riparazione del guasto, anziché l'attività di conservazione nel tempo delle condizioni ottimali dei beni. Essa deriva principalmente da:

- Scarsa o mancata conoscenza degli impianti produttivi;
- Filosofie aziendali orientate alla produzione e non alla manutenzione;
- Mancata visione strategica nell'Ingegneria di Manutenzione.

In contrapposizione netta a questo concetto, si pone l'approccio alla manutenzione di quelle aziende che si sono orientate verso la metodologia Reliability Centered Maintenance (RCM). Con questo termine ci si riferisce ad un insieme di regole e strumenti che consente di definire dei piani di manutenzione costituiti esclusivamente da quelle attività che, eseguite sull'oggetto da mantenere, servono a garantirne le prestazioni e l'affidabilità in rapporto sia alla sua importanza nel processo, che al contesto nel quale l'oggetto si trova ad operare.

Anziché ridurre i costi attraverso il taglio del personale e la riduzione delle attività di manutenzione, l'approccio basato sulla RCM permette di conseguire una migliore efficienza del processo e incrementare l'affidabilità degli impianti, che si traducono in possibilità di

ampliare i volumi produttivi e gestire in maniera più efficace le risorse coinvolte nel processo.

La sua adozione e applicazione concreta deve passare innanzitutto dall'apertura mentale dell'organizzazione aziendale al metodo stesso.

Tra i principali aspetti alla base di questo cambiamento citiamo i seguenti:

- la necessità di conservare nel tempo le funzioni e le prestazioni richieste al bene, piuttosto che la sua conservazione fisica;
- considerare la manutenzione di routine come un'attività che elimina le cause di guasto e che non si limita solo ad attuarne le conseguenze;
- la manutenzione non è un centro di costo per l'azienda, ma di profitto.

La letteratura scientifica ha promosso negli ultimi anni la diffusione del metodo nel contesto industriale, permettendo alle aziende che ne hanno fatto uso nel modo corretto di raggiungere gli obiettivi prefissati in tempi rapidi.

Moubray (2000) definisce la RCM come un *“processo che mira a definire cosa deve essere fatto per assicurare che gli asset produttivi continuino a fare ciò che l'utilizzatore si aspetta che essi facciano in un determinato contesto operativo”*; infatti, l'obiettivo della filosofia trasmessa dal metodo è garantire lo stato di funzionalità dell'impianto, con l'affidabilità e disponibilità richieste, al minimo costo totale.

Questa definizione è in linea con quanto espresso da Rusand (2004), secondo cui l'RCM è *“una considerazione sistematica delle funzioni elementari del sistema, delle sue modalità di guasto, che determina una priorità di azioni basandosi sulla sicurezza, affidabilità ed economicità del piano, per definire obiettivi applicabili ed efficaci di manutenzione preventiva”*.

Una sua corretta applicazione consente di:

- migliorare le prestazioni operative ed il rapporto costo/efficacia;
- definire un piano di manutenzione o migliorare il piano esistente, eseguendo le attività più efficaci ed eliminando quelle non necessarie.

3.2 Cenni storici sulla metodologia

La metodologia RCM fu implementata per la prima volta negli anni '60 dall'aviazione civile americana. L'obiettivo dell'analisi era quello di stabilire delle linee guida per le manutenzioni degli aerei di linea, per i quali le attività preventive non erano sufficienti a garantire quel livello di affidabilità richiesto al bene per la sua missione.

Questo progetto condusse alla realizzazione del documento "Maintenance Evaluation and Program Development from the Air Transport Association", utilizzato per lo sviluppo di un piano di manutenzione per il Boeing 747 secondo quei concetti che contraddistinguono la metodologia RCM.

L'approccio ha trovato largo successo in quei settori dove la manutenzione è indispensabile per garantire la sicurezza nell'utilizzo dei sistemi, come le industrie di processo e le industrie critiche. Tuttavia, sta trovando ampio spazio anche nel manifatturiero, dove grazie ad una serie di accorgimenti e ad ispezioni per il rilevamento delle condizioni operative del sistema di produzione, porta ad indubbi vantaggi tecnici ed economici.

In tutti i contesti in cui viene applicata, permette di rendere razionale la manutenzione su "dati certi" quali:

- utilizzo dell'esperienza acquisita ma con verifica, volta per volta, di tutte le assunzioni;
- manutenzione preventiva come processo utile per anticipare i guasti, ma sempre sulla base di criteri di affidabilità;
- analisi logica delle decisioni al fine di evidenziare immediatamente e prevedere l'impatto delle azioni correttive.

La RCM nasce dal tentativo di trovare risposte ai seguenti interrogativi, che generalmente non vengono considerati in fase di progettazione della manutenzione:

- Cosa fa il sistema?
- In che tipo di avarie funzionali incorre?
- Quali sono le probabili conseguenze?
- Che cosa si può fare per prevenirle?

E' un processo indubbiamente costoso in termini di tempo e risorse coinvolte, ma aprirsi a questa metodologia permette di raggiungere tutti gli obiettivi possibili per la funzione aziendale di manutenzione.

3.3 Fasi del processo

Il processo di applicazione del metodo è oggi definito in uno standard pubblicato dalla SAE (Society of Automotive Engineers). Tale documento, noto come "Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes", dice che un processo, per essere un processo di "RCM" deve ottenere risposte soddisfacenti a queste sette domande che si devono fare nel seguente ordine:

1. Quali sono le funzioni ed i relativi standard desiderati di funzionamento del sistema nel suo contesto operativo?
2. In quali modi il sistema può fallire la propria missione?
3. Cosa provoca i guasti funzionali?
4. Quali sono le conseguenze di ogni singolo guasto funzionale?
5. Quale è la gravità delle conseguenze del guasto?
6. Cosa si può fare per prevenire o predire ogni singolo modalità del guasto?
7. Cosa si dovrebbe fare nel caso di non fattibilità di azioni proattive?

Questo approccio è integrato dall'utilizzo delle informazioni raccolte sul processo e sul comportamento delle macchine, fondamentali per la determinazione delle decisioni da prendere per rispondere in modo soddisfacente alle domande elencate.

L'intero processo metodologico è schematizzato di seguito; si elencano anche quelli strumenti utili per l'implementazione della RCM.

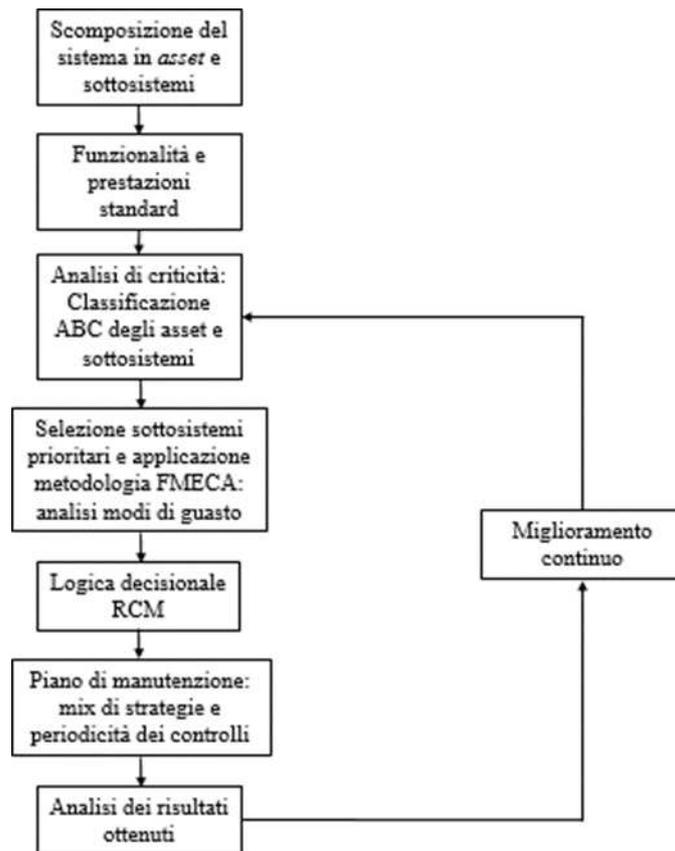


Figura 8 - schematizzazione tipologia RCM

Il metodo, per una sua corretta applicazione, richiede lo sviluppo di una sequenza di fasi, che, partendo dall'analisi del sistema globale, permettono di individuare le strategie manutentive più adeguate per la conservazione degli asset produttivi.

Si elencano di seguito le fasi principali:

1. **Raccolta di informazioni.** All'inizio dell'analisi è opportuno e necessario raccogliere le informazioni tecniche per ogni sistema e per i suoi componenti (meccanici, pneumatici, elettrici, elettronici); sono utili allo studio sia le informazioni descrittive (schemi di sistema, layout) che operative (istruzioni per la manutenzione, standard delle prestazioni);

2. **Identificazione e suddivisione del sistema.** Uno dei principali compiti da realizzare è l'identificazione di tutti i sottosistemi coinvolti nel processo produttivo, effettuandone una suddivisione logica grazie alla predisposizione di una System Work Breakdown Structure (SWBS). La scomposizione può essere sia a livello strutturale sia funzionale, anche se generalmente si preferisce il secondo approccio;
3. **Analisi dei sottosistemi.** La RCM prevede un'analisi dei requisiti manutentivi dei vari sottosistemi, che si spinge fino a un dettaglio funzione della complessità del sistema stesso. Questa fase viene svolta individuando il livello di criticità di ogni apparato nei confronti di tre fattori principali:
 - Sicurezza e impatto sull'ambiente: permette di valutare quanto un guasto improvviso su un certo sottosistema sia deleterio nei confronti della sicurezza degli operatori, dei tecnici che realizzano il ripristino del sistema e dell'impatto nei confronti dell'ambiente esterno;
 - Processo: si definisce un indice di priorità valutando quanto il guasto di un sottosistema influenzi lo stato del processo produttivo, cioè se ne causa l'arresto, un rallentamento o non causa alcuna conseguenza significativa;
 - Qualità del prodotto o servizio: è necessario definire anche il parametro di criticità nei confronti del livello qualitativo del prodotto/servizio reso; infatti, un guasto ad un sottosistema potrebbe generare uno scarto di lavorazione o non causare conseguenze sullo standard atteso di qualità.
4. **Scelta delle strategie manutentive.** Questa fase operativa avviene attraverso l'uso di un albero logico delle decisioni: al termine della scomposizione del sistema e dell'analisi critica dei guasti potenziali per i diversi componenti, si utilizza una serie di domande per caratterizzare le eventuali avarie funzionali. Le risposte permetteranno di formulare un giudizio sulla criticità di ciascun guasto e sulla possibilità di individuare un controllo efficiente.
5. **Periodicità dei controlli.** Numerosi studi nel settore manutentivo hanno rivelato che, molto spesso, non esiste una correlazione inversa tra il tempo d'utilizzo e l'affidabilità di un componente: ciò non significa che esso non si usura, ma che gli istanti di tempo in cui si manifestano i guasti sono distribuiti in modo tale da rendere inutile un

programma di manutenzione preventiva ciclica. Al contrario un approccio del genere potrebbe condurre all'incremento del tasso medio di guasto. Considerando quest'ottica, risulta conveniente adottare una periodicità iniziale dettata dall'esperienza del personale di manutenzione, per poi modificarla in base alle conoscenze acquisite operativamente sul campo.

6. **Efficienza di costo.** Per poter essere sostenibile, un piano di manutenzione deve essere economicamente realizzabile. Si parla, in questo contesto, di efficienza di costo, intendendo misurare l'efficienza raggiunta nell'utilizzare delle risorse per ottenere certi risultati. In pratica bisogna valutare i costi annuali derivanti dallo svolgimento delle singole attività e compararli con i costi diretti annuali dei guasti che ciascuna attività mira a prevenire.

Riassumendo, la RCM utilizza come base un modello di analisi delle cause di guasto che consente al manutentore di definire i piani e le modalità di gestione degli interventi [4]. Per conseguire questo risultato, una corretta implementazione della metodologia deve riguardare i seguenti aspetti:

- stimolare la valutazione delle conseguenze dei guasti, in modo da integrare le decisioni circa la sicurezza, i parametri economici e i costi di manutenzione;
- sviluppare la ricerca sui modelli di comportamento al guasto dei sistemi complessi, per avere un approccio innovativo nella scelta delle più opportune politiche di prevenzione, o nell'individuazione di attività alternative qualora la manutenzione preventiva non sia applicabile;
- combinare queste attività, in un processo che garantisca la generazione di scelte ottimali alla ricerca del miglioramento continuo.

3.3.1 Raccolta dei dati

La prima fase del processo è mirato a raccogliere ed analizzare le informazioni sul sistema in esame, per definirne le caratteristiche tecniche ed operative. Lo scopo della raccolta dei dati è, secondo Overman (2007), *“la ricerca delle modalità di guasto caratteristiche per il sistema*

e in generale per i sottosistemi che lo compongono per identificare le azioni più appropriate a seconda delle esigenze”.

E' infatti abbastanza intuibile come ogni componente (sia esso meccanico, pneumatico, elettrico o elettronico) è destinato a rompersi senza adeguati interventi di ispezione e mantenimento: seppure una corretta progettazione sia indispensabile per il buon funzionamento del sistema, l'usura e le condizioni di ciclo operativo determinano un effetto di degradamento nel tempo delle sue prestazioni fino all'evento di rottura.

Questo effetto può essere prevenuto grazie a degli interventi manutentivi mirati al monitoraggio e controllo dello stato del sistema, ma per questioni strettamente legati all'impiego dispendioso di risorse (tempo, manodopera, materiali) è impensabile e soprattutto poco utile tentare di anticipare ogni tipologia di avaria funzionale.

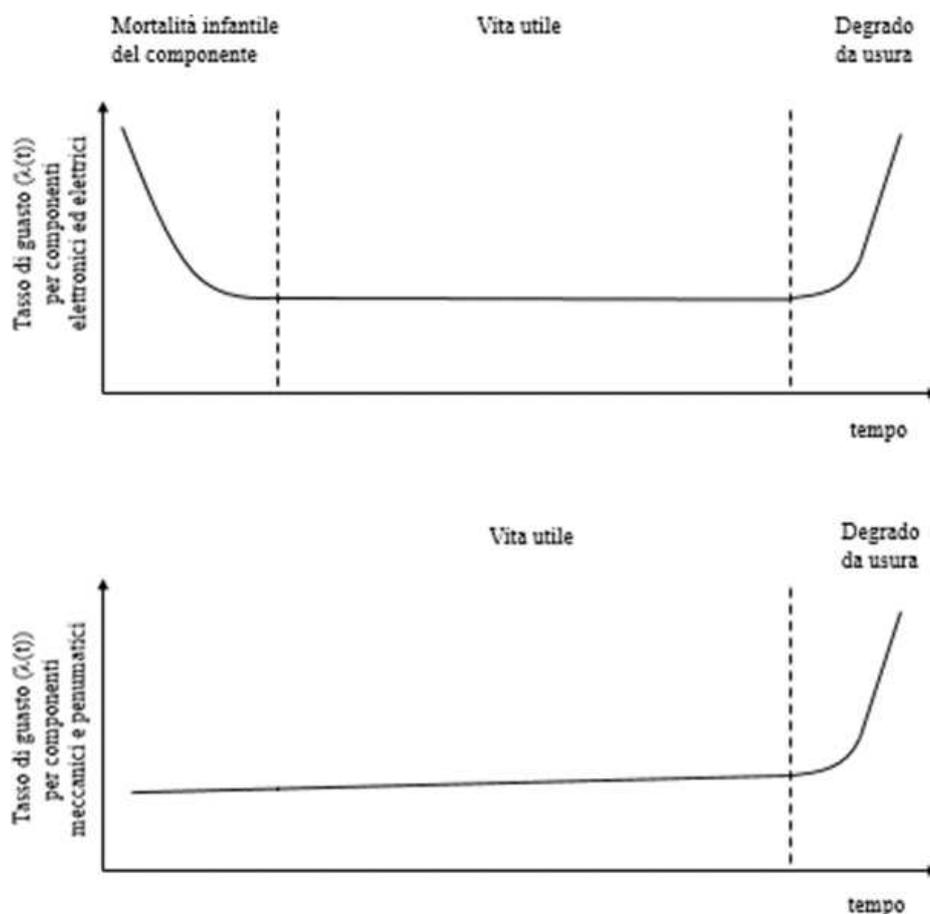


Figura 9 - andamenti tipici del tasso di guasto nel tempo

Si riportano in Figura le curve caratteristiche del tasso di guasto, definito come probabilità di accadimento del guasto in funzione del tempo, per un generico sistema elettronico o elettrico (grafico in alto) e meccanico o pneumatico (grafico in basso). E' evidente che, tipicamente per sistemi meccanici, 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 sistemi elettrici ed elettronici, invece, la probabilità di guasto è generalmente elevata nella fase iniziale, fenomeno detto di mortalità infantile, mentre nella fase di vita utile rimane pressoché costante in funzione del tempo: questo comportamento fa sì che, per questo tipo di componenti, sia quasi impossibile prevedere e anticipare il momento in cui si presenterà l'avaria, anche ricorrendo ad azioni di controllo.

Inoltre, ogni guasto non è soltanto descritto dalla sua probabilità di accadimento, ma anche da l'impatto che esso ha nei confronti dello stato del sistema: potrebbe portare allo stato di fermo l'intero impianto, eventualmente con effetti anche in termini di sicurezza, o non avere alcuna conseguenza significativa sull'esecuzione del processo produttivo.

Diventa quindi fondamentale identificare le caratteristiche tecniche degli asset del sistema attraverso la raccolta delle informazioni per valutare, categorizzare e definire le priorità degli interventi, poiché la sola conoscenza dei possibili stati di guasto non è sufficiente per individuare le attività di manutenzione più appropriate.

3.3.2 Scomposizione del sistema: System Work Breakdown Structure

Il livello di dettaglio della scomposizione è funzione della complessità degli asset produttivi; infatti, all'interno di uno stesso sistema, potrebbe essere necessario spingersi all'identificazione dei singoli componenti per certi tipi di asset, mentre per altri potrebbe bastare la visione d'insieme per definire le opportune attività di manutenzione. Inoltre, una corretta articolazione del sistema permette di individuare le diverse esigenze di manutenzione e l'allocazione ottimale delle risorse manutentive.

Un aspetto molto importante per l'esecuzione della metodologia consiste nel fatto che la scomposizione fisica del sistema va integrata e completata con quella funzionale: per una

corretta progettazione della manutenzione bisogna prima definire le caratteristiche operative e le prestazioni standard di ogni elemento che compone il sistema [9].

L'identificazione degli elementi più critici e delle loro funzionalità è una fase preliminare necessaria per condurre una buona analisi sulle modalità e sugli effetti dei singoli guasti.

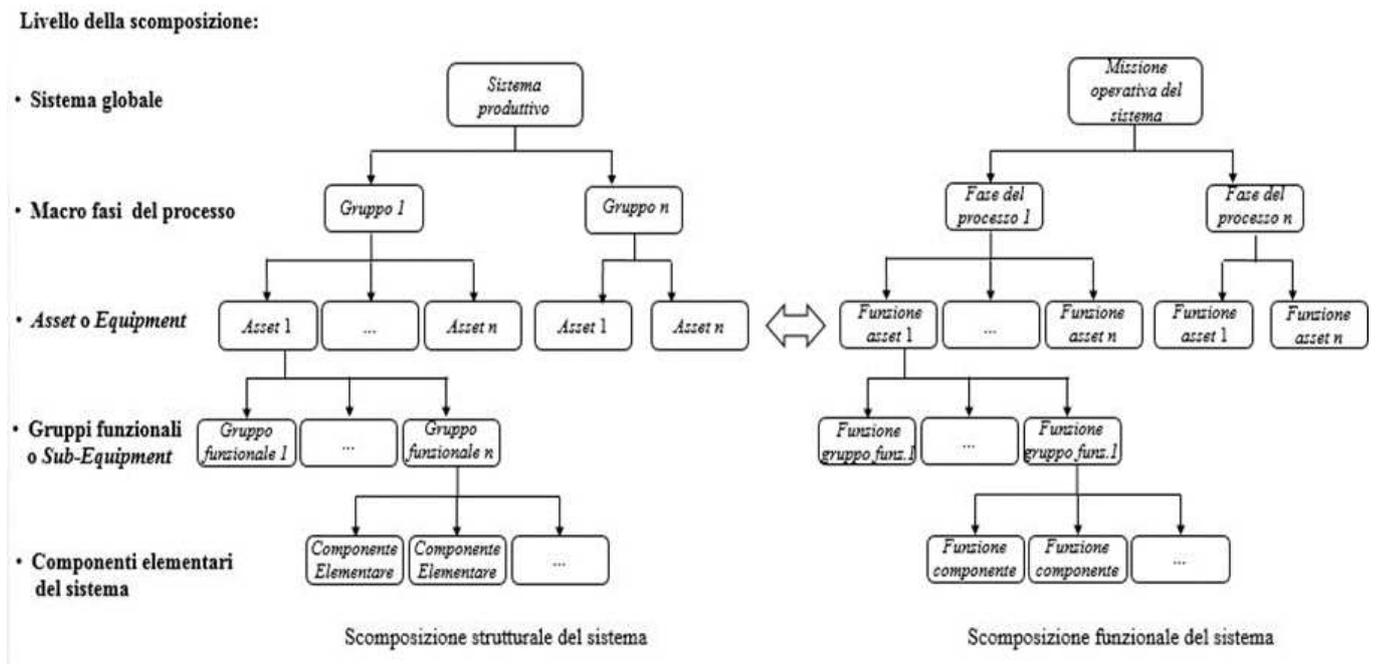


Figura 10 - relazione tra scomposizione strutturale e funzionale di un sistema

In Figura 3.3 è mostrata la relazione tra la natura fisica e funzionale delle entità.

Così come per ogni sistema si può definire la una sua missione operativa, anche ogni suo asset, sottosistema e componente elementare ha una specifica funzione da realizzare per garantire il raggiungimento della missione stessa.

3.3.3 Analisi delle criticità del sistema

Dopo aver definito le condizioni operative del sistema, la fase successiva della metodologia RCM si focalizza sulla ricerca degli apparati (asset produttivi e gruppi funzionali) più critici. Per poterla eseguire sono necessari degli strumenti di supporto per determinare innanzitutto i sottosistemi maggiormente soggetti a guasti e, in un secondo momento, per valutare qualitativamente e quantitativamente quanto l'insorgere di un guasto determini il decadimento delle prestazioni attese.

A tale scopo si elencano i principali strumenti che sono stati utilizzati, definendone gli obiettivi del loro impiego:

1. Analisi di Pareto

Nella fase iniziale dell'analisi è necessario mettere in evidenza quali siano gli asset che penalizzano maggiormente il processo in termini di numero di interventi di manutenzione per guasto e ore sottratte alla produzione. Per poter compiere questo tipo di studio è di fondamentale importanza ricorrere ai Sistemi Informativi di Manutenzione, che consentono la raccolta dei dati di guasto e li rendono disponibili per condurre l'analisi del sistema.

Il livello di affidabilità dello studio è quindi funzione della bontà dei dati raccolti: tanto maggiore è il numero e il dettaglio dei dati, tanto maggiore sarà anche la consistenza dei risultati ottenuti sull'andamento dei guasti occorsi al sistema.

Attraverso l'analisi di Pareto sarà possibile tracciare una mappa della criticità degli asset e, se i dati utilizzati lo consentono, dei singoli gruppi funzionali.

Come mostra la Figura 3.4, generalmente si individuano tre macro aree:

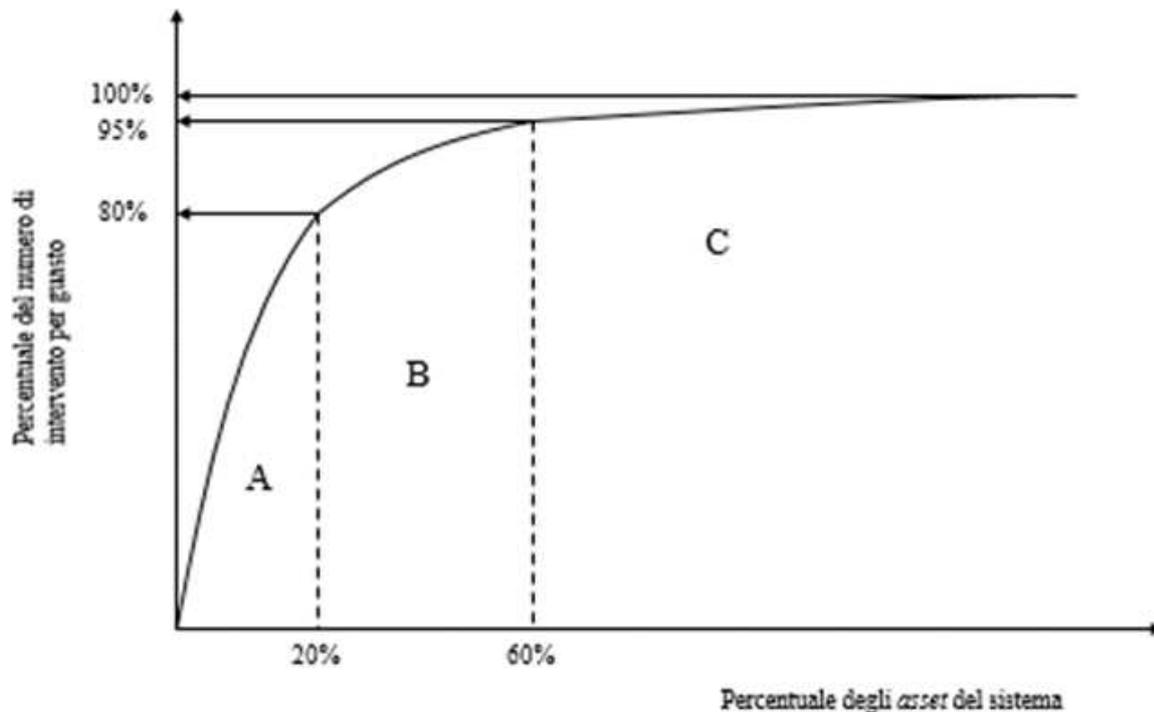


Figura 11 - classificazione ABC di Pareto

- **Area A:** rientrano in questa zona un esiguo numero di sottosistemi, all'incirca il 20% del numero totale, ma in termini di perdite essi sono responsabili della quasi totalità degli eventi di guasto (80%);
- **Area B:** in questa area è possibile trovare una quantità maggiore di sottosistemi (circa il 40% del totale); ad essi si deve un'incidenza minore sulle perdite di produttività del sistema (15%);
- **Area C:** comprende la restante quota dei sottosistemi (40%), ma sono soggetti ad un numero di interventi per guasto che influenza solo marginalmente il sistema globale (5%).

L'individuazione degli elementi più soggetti a guasto, permette di capire in che direzione focalizzare l'attenzione nelle successive fasi di ricerca delle criticità.

2. Classificazione ABC dei sottosistemi

La fase successiva dell'analisi ha lo scopo di identificare la criticità degli elementi ad un livello di dettaglio maggiore rispetto a quello definito con Pareto. Anche in questa ricerca è buon uso far uso del Sistema Informativo di Manutenzione adottato dalla funzione di

Ingegneria di Manutenzione, ma se queste informazioni non fossero disponibili, o per mancanza dei dati o perché si sta valutando le esigenze di un nuovo sistema per cui non esiste uno storico dei guasti, si può far ricorso ad un'analisi puramente qualitativa.

Questa permette di definire quanto un guasto ad un sottosistema infici le prestazioni del sistema e, attraverso una valutazione dei risultati ottenuti, sarà possibile definire sottosistemi di classe A, B e C.

I sottosistemi produttivi sono assegnati alle diverse categorie in base a quanto essi siano critici secondo una serie di parametri, che sono elencati e definiti di seguito:

- Sicurezza/Ambiente: definisce il livello di criticità nei confronti della sicurezza delle persone coinvolte e del danno ambientale conseguente al verificarsi di un'avaria funzionale del sottosistema;
- Qualità: questo parametro misura quanto un sottosistema svolga una funzione più o meno importante nel garantire lo standard qualitativo del prodotto o servizio realizzato dal processo;
- Utilizzo della macchina: si determina la continuità di impiego del sottosistema all'interno del ciclo operativo, cioè se esso sia sempre coinvolto attivamente nella missione del sistema o se sia impiegato solo in determinati momenti o fasi;
- Perdita di produzione: indica se, nel caso in cui un sottosistema non sia in grado di svolgere le funzioni previste, il suo arresto determina una fermata del sistema, un suo rallentamento o non comporti alcun effetto collaterale;
- Manutenibilità: il parametro di manutenibilità quantifica il tempo di intervento necessario al ripristino del sistema; se un sottosistema è difficilmente accessibile, determina una perdita significativa, al contrario se è facilmente riparabile, avrà un'influenza minore.

Ad ogni parametro viene associato un corrispondente valore numerico e attraverso un flusso logico che utilizza i pesi assegnati si individuano le categorie di appartenenza dei diversi apparati.

Le categorie sono definite secondo la tabella indicata di seguito:

Classe	Criticità
A	L' <i>asset</i> /sottosistema è molto critico e ci sono gravi conseguenze in caso di guasto
B	L' <i>asset</i> /sottosistema ha un livello di criticità medio
C	L' <i>asset</i> /sottosistema ha un livello di criticità solo marginale

Figura 12 - classificazione ABC secondo M.I.B Maintenance Plan

Per ogni classe, si procede nelle seguenti modalità:

- **Classe A:** comprende gli apparati più critici, che hanno un impatto sostanziale in termini di sicurezza o continuità del processo; per questa categoria è necessario provvedere ad una scomposizione ad un dettaglio maggiore, per identificarne i componenti critici e prendere le adeguate misure per prevenire l'insorgere delle avarie;
- **Classe B:** appartengono a questa categoria apparati che hanno un'influenza minore rispetto alla classe precedente, ma è comunque opportuno verificarne le principali modalità di guasto e valutare eventuali azioni di intervento preventivo;
- **Classe C:** comprende elementi che hanno un impatto solo marginale e non determinano perdita di sicurezza e funzionalità del sistema sostanziali; vengono mantenuti a guasto e non richiedono un'ulteriore scomposizione rispetto alla visione di insieme.

3. Analisi FMECA

La corretta applicazione del processo RCM prosegue con una FMECA, metodologia di studio affidabilistico le cui origini concettuali sono di supporto alla progettazione di sistemi

complessi. Negli anni più recenti ha, tuttavia, trovato molto spazio di applicazione in altri ambiti di utilizzo, quali l'analisi di processo e la manutenzione degli impianti industriali.

Secondo la normativa UNI 10336, costituisce un elemento fondamentale nell'ingegneria di manutenzione, nel cui ambito si è affermata come lo strumento d'elezione per:

- l'analisi delle modalità di guasto delle entità complesse;
- l'identificazione dei suoi elementi critici dal punto di vista dell'affidabilità;
- la definizione ragionata del piano di manutenzione a partire dai componenti critici.

Alla fine di questo processo di analisi si ottiene un quadro estremamente articolato e documentato del modo e della probabilità con cui si possono generare i guasti nell'entità e, su tale base, si possono definire le azioni di progettazione, pianificazione e miglioramento della manutenzione o del progetto dell'entità.

Prima di descrivere nel dettaglio la metodologia, si richiama la terminologia utilizzata nel corso di una FMECA nella seguente figura.

Termine	Significato
Modo di guasto	Modo in cui si manifesta il guasto ed il suo impatto sulle operazioni di un'entità (può essere totale, parziale o intermittente)
Meccanismo del guasto	Fenomeno naturale di degrado del funzionamento di un'entità che perdurando nel tempo può portare al guasto della stessa (può essere un processo fisico di carico meccanico, di carico termico o fisico/chimico di invecchiamento)
Causa del guasto	Origine determinante che spiega il guasto, cioè "la circostanza che porta al guasto", di un'entità (può essere dovuta a molti fattori, tra cui una non adeguata progettazione, installazione, ad usura, ad un utilizzo improprio o ad errata manutenzione)
Effetto di guasto	Conseguenze che un modo di guasto ha sulle funzionalità di un'entità
Effetto locale	Conseguenze che un modo di guasto ha sulla funzionalità di un'entità a livello di "scomposizione" più basso (livello di macchina)
Effetto finale	Conseguenza che un modo di guasto ha sulla funzionalità di un'entità a livello di "scomposizione" più alto (livello di sistema globale)
Azione correttiva	Modifica documentata del progetto, del processo, di una procedura, dei materiali utilizzati, implementata per correggere un difetto progettuale e/o prevenire o limitare una causa di guasto

Figura 13 - Terminologia d'uso per analisi FMECA

Dopo aver introdotto i termini specifici per l'impiego del metodo, si descrive la sequenza logica delle fasi che compongono la metodologia:

- Scomposizione dell'asset nei suoi gruppi funzionali principali e componenti elementari;
- Individuazione dei modi di guasto, dei meccanismi e delle cause potenzialmente associati all'entità:
- Individuazione dei sintomi di guasto incipiente/avvenuto associati a ciascun modo di guasto, e dei metodi e delle modalità di rilevazione precoce/successiva al guasto;
- Analisi delle criticità, tramite attribuzione dell'indice di criticità, o indice di rischio, associato a ciascun modo di guasto;
- Individuazione delle azioni correttive e pianificazione della manutenzione.

L'analisi di criticità, che è l'obiettivo della FMECA, consiste nel valorizzare il rischio operativo di ciascun modo di guasto; questo processo è basato sull'assegnazione di un cosiddetto indice di rischio che può essere calcolato con diverse modalità. Questo indice è noto come Risk Priority Number ed è calcolato come il prodotto di tre fattori:

$$RPN = S * P * D$$

Dove:

- S è il fattore che misura la severity, cioè la severità (o gravità) degli effetti del guasto;
- P è il parametro di probability, cioè la probabilità di accadimento dell'evento in questione;
- D è il fattore di detection, che misura la facilità con cui il guasto può essere rilevato in anticipo mediante rilevazione del sintomo premonitore e/o la facilità con cui è rilevato a guasto avvenuto.

Ciascun fattore deve essere definito a partire da una propria scala a punti, definita secondo un approccio semi-quantitativo. La scala è costruita assegnando dei punteggi crescenti in corrispondenza delle condizioni di rischio associate: più alto è il punteggio, peggiori sono la severity (l'effetto di guasto è più grave), la probability (è più probabile che si verifichi il guasto), la detection (è meno facile rilevare in anticipo il guasto incipiente e/o diagnosticare il guasto avvenuto).

Definita la scala di riferimento per i tre fattori, viene usata per calcolare l'indice di rischio RPN per ciascun guasto del sistema. Fatto il calcolo, si procede all'ordinamento dei diversi guasti per indice RPN decrescente.

Il risultato ottenuto permette di selezionare i modi di guasto a maggior indice di criticità, ma per l'implementazione degli interventi manutentivi, soprattutto nel caso di un sistema nuovo, potrebbe essere preferibile focalizzare le attenzioni sul parametro calcolato come prodotto tra severity e probability. Si definisce un nuovo indice di rischio:

$$R = S * P$$

Infatti, potrebbero emergere dei guasti caratterizzati da un indice RPN elevato, ma con valori di severity e probability bassi ed un alto valore di detection. In fase di prima

progettazione potrebbe essere più opportuno porre le maggiori attenzioni sui guasti con parametro R elevato, ed affrontare successivamente le restanti avarie funzionali del sistema. In base al parametro appena definito, si definisce una matrice di criticità, le cui aree sono funzione dei parametri di gravità e probabilità di accadimento del guasto. L'obiettivo di questo strumento è evidenziare quali guasti appartengono alle diverse aree del grafico, e, a seconda di dove essi siano posizionati, stabilire un ordine di priorità di intervento manutentivo.

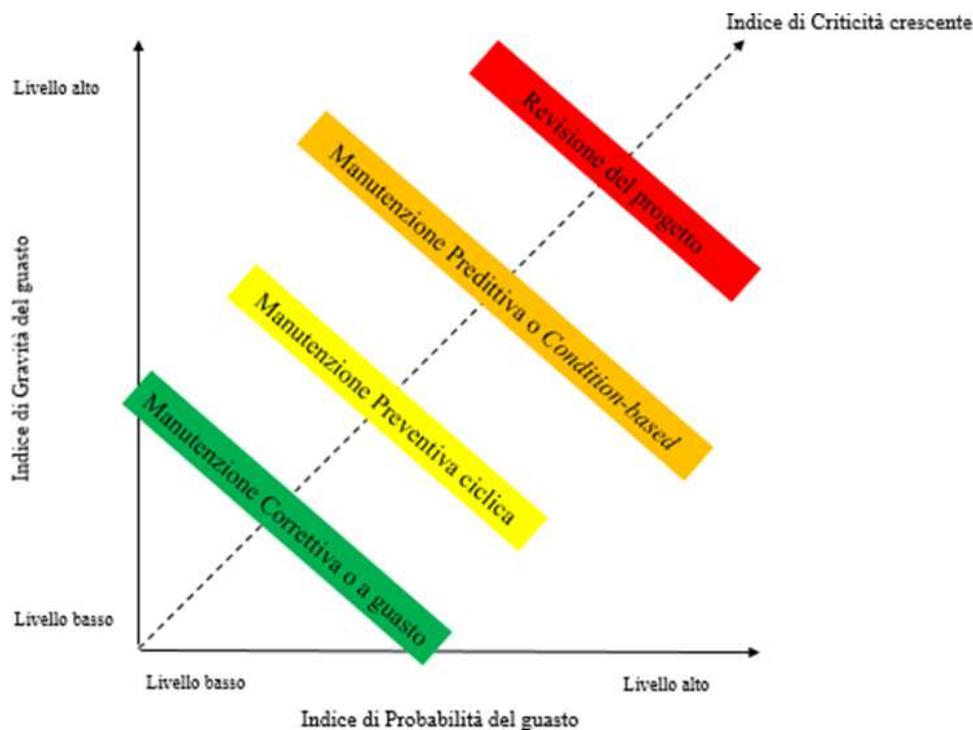


Figura 14 - matrice di criticità

3.3.4 Albero logico delle decisioni

Compiuta l'analisi di criticità con il metodo FMECA, si passa alla fase propositiva e decisionale della metodologia RCM. In questa fase, sono individuate le azioni correttive per prevenire o limitare una possibile causa di guasto.

Le azioni correttive sono tipicamente sotto la responsabilità del servizio di manutenzione e possono comprendere:

- provvedimenti a carattere non periodico di manutenzione migliorativa (piccole modifiche di progetto di impianto);

- revisioni periodiche dell'impianto e, dove possibile, introdurre ispezioni e controlli (manutenzione predittiva) con una certa cadenza temporale, che sarà poi ritardata in base alle necessità reali degli asset;
- integrare le scelte manutentive con le procedure di gestione dei ricambi, cioè stabilire quali materiali gestire a scorta e a fabbisogno, in base alle scelte fatte in fase di pianificazione delle attività di manutenzione.

Queste decisioni vengono prese in base all'esistenza di un segnale debole, inteso come sintomo premonitore di un futuro guasto e la sua monitorabilità, l'esistenza di una previsione di durata (cioè se esistono indicazioni sulla vita utile di un componente) per poter programmare ispezioni a cadenza o sostituzioni preventive, l'esistenza di indicazioni o raccomandazioni sui criteri di manutenzione fornite dal costruttore. Ogni guasto viene processato da un albero logico delle decisioni, con cui è possibile valutare le modalità di gestione del guasto stesso.

Il percorso decisionale è rappresentato nel seguente diagramma di flusso, denominato albero logico delle decisioni.

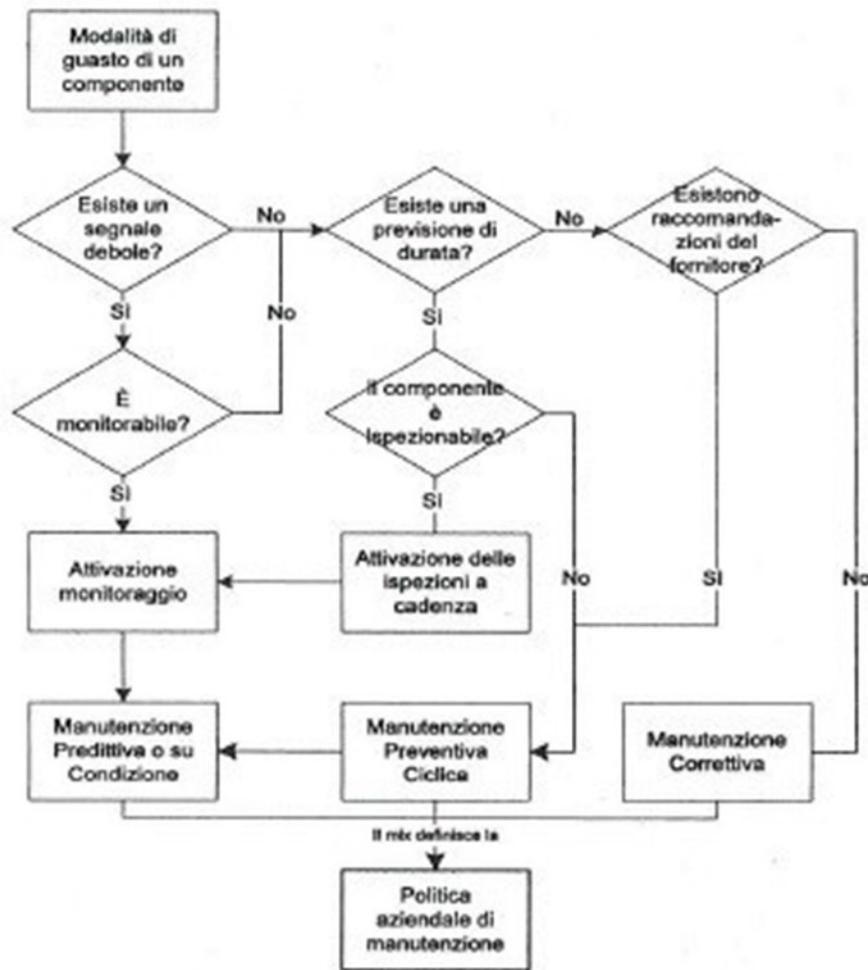


Figura 15 - albero logico delle decisioni

Percorrere il diagramma significa porsi una serie di domande sulle caratteristiche di un'entità, in particolare sui componenti soggetti a guasto. Si individua la modalità di guasto e, attraverso una serie di domande a cui è possibile rispondere soltanto sì o no, si associa ad una sola categoria manutentiva. Questo processo permette di definire:

- attività di ispezioni programmate a scadenza, eventualmente tramite l'impiego di strumenti diagnostici (analisi vibrazionali, termografie, controllo dello stato degli oli, analisi tramite strumentazioni specifiche per l'assorbimento elettrico di un motore) per l'applicazione di manutenzione predittiva;
- attività di sostituzioni a tempi fissati, mediante l'implementazione di manutenzione preventiva ciclica;
- attivare la manutenzione correttiva a guasto, in attesa di una revisione del piano a seguito della raccolta dei dati storici sul trend dei guasti.

Si definisce così la politica di manutenzione, grazie alla scelta e all'integrazione delle diverse strategie manutentive. Questo processo, per attuare il miglioramento continuo, deve essere continuamente rivisitato e aggiornato, in funzione dei risultati raggiunti dalla funzione manutenzione e in presenza dei dati di guasto raccolti sul sistema.

3.3.5 Fattibilità economica del piano

Dopo aver progettato il piano manutentivo sono emersi le linee guida che hanno portato alla sua definizione, che sono riassunte di seguito:

- scomposizione del sistema fino ai componenti elementari, mediante analisi funzionale;
- analisi di criticità per definire gli asset/gruppi funzionali più influenti sulla operatività del sistema e identificazione dei principali modi di guasto;
- scelta della strategia manutentiva (predittiva, preventiva ciclica e correttiva) per ogni modalità di guasto e della periodicità degli interventi, ed eventuale successiva revisione del piano iniziale in base ai risultati raggiunti.

Così facendo non si tiene conto del costo del piano generato: per essere applicato, esso deve essere sostenibile non solo da un punto di vista tecnico, ma anche economico.

La verifica di fattibilità economica di un piano manutentivo richiede un confronto tra il costo totale di manutenzione e i benefici attesi nel tempo dall'applicazione delle strategie manutentive prescelte, che possono rivelarsi dispendiose.

Questo aspetto è impossibile da verificare in fase di progetto del piano, poiché la manutenzione mira alla conservazione delle prestazioni dell'impianto durante l'intero ciclo di vita utile. È una valutazione non semplice da fare, cosicché spesso si mira solo al contenimento del costo attuale (costi diretti), senza valutare il costo complessivo cumulato nel tempo di una manutenzione inadeguata (costi indotti).

Per indicare, seppur in modo qualitativo, i benefici dovuti all'utilizzo del metodo RCM e alla sua attuazione, facciamo ricorso alla seguente tabella, in cui si confrontano i risultati ottenibili con una manutenzione "standard" con quelli ottenibili con la RCM:

	Piano di manutenzione standard	Piano di manutenzione definito mediante RCM
Strategie manutentive adottate	Manutenzione correttiva Manutenzione preventiva ciclica	Manutenzione correttiva Manutenzione preventiva ciclica Manutenzione predittiva
Vantaggi	-Contenimento dei costi diretti di Manutenzione; -Semplicità di gestione del piano (non c'è necessità di pianificare ispezioni e controlli sull'impianto e ripianificare la cadenza degli stessi in base alle condizioni del sistema);	-Contenimento dei costi totali di manutenzione, specialmente la voce di costo indotto o di mancata produzione; -Possibilità di programmare gli interventi in base alle effettive condizioni di funzionamento dell'impianto;
Svantaggi	-Aumento dei costi totali con legge quadratica (costo cumulato di Manutenzione); -Non è nota la condizione effettiva dell'impianto: intervento ad emergenza o senza conoscere lo stato reale delle macchine;	-Aumento dei costi diretti di manutenzione per l'esecuzione dei controlli e l'installazione di eventuali strumenti diagnostici; -I risultati del piano sono evidenti su un orizzonte di tempo medio-lungo; -Le risorse disponibili (manodopera, tempo) sono limitate;

Figura 16 - confronto tra le politiche di manutenzione

4. MAINTENANCE VISUAL MANAGEMENT

4.1 Introduzione

In questo capitolo prenderemo in esame l'organizzazione della manutenzione all'interno dello stabilimento "Kartogroup" e vedremo praticamente come adottare i tipi di manutenzione elencati nel capitolo precedente.

La manutenzione in Kartogroup è suddivisa in due aree con compiti e responsabilità distinte:

- l'ingegneria di manutenzione, rappresentata dal responsabile generale di manutenzione che si occupa di pianificare gli interventi manutentivi, di gestire i rapporti con le ditte esterne per l'approvvigionamento dei ricambi, di attuare scelte strategiche importanti a livello di progettazione. Tale capo della sezione di manutenzione focalizza l'attenzione sui processi che riguardano la progettazione, la revisione tecnico-organizzativa della manutenzione (reengineering), la pianificazione, il monitoraggio della sua efficienza ed efficacia, la ricerca di proposte migliorative analizzando metodologie e strumenti operativi. Nel processo globale di manutenzione, ingegneria svolge un'azione propulsiva ed innovativa, ponendosi come riferimento culturale per tutta l'organizzazione: non avendo l'onere di eseguire gli interventi di manutenzione, si concentra sulle attività di supporto per l'indirizzo ed il coordinamento dei sottoprocessi di:
 - progettazione del sistema di manutenzione;
 - controllo tecnico ed economico;
 - promozione e gestione del miglioramento continuo.
- la manutenzione operativa, formata da uno staff costituito da tecnici e capi del reparto manutenzione elettrico e meccanico, che coordinano i gruppi di manutenzione, dirigono e seguono i lavori nella fase esecutiva e ne verificano l'efficacia. L'obiettivo principale è quello di garantire i livelli prestazionali e di affidabilità delle macchine presenti su tutte le linee produttive.

L'organigramma sottostante mostra l'organizzazione della funzione manutenzione all'interno dello stabilimento. La ripartizione delle responsabilità deriva dagli interventi manutentivi predisposti dal costruttore di ogni macchina, e suddivisi a seconda del livello di preparazione tecnica di ciascuna figura professionale. Per ogni di essa è previsto un mansionario, a cui è associata un'analisi dei rischi. I responsabili delle sezioni meccanica ed elettrica vanno a gestire contemporaneamente più linee, mentre il capo sezione manutenzione sovrintende e coordina i due settori.



Figura 17 - organigramma della funzione di manutenzione

4.2 Maintenance Visual Management

4.2.1 Obiettivi della gestione a vista della manutenzione

L'applicazione di tale metodologia all'area di manutenzione ha come obiettivo principale quello di favorire la partecipazione attiva di tutte le risorse coinvolte nella gestione delle macchine, dall'operatore di linea, al capo turno, al manutentore, a tutto lo stabilimento, condividendo obiettivi, programmi e piani di manutenzione allo scopo di assicurare le prestazioni richieste al sistema produttivo, di aumentare la disponibilità di tutte le linee produttive, e di ridurre il numero degli interventi di emergenza.

La gestione a vista della manutenzione si basa sul principio della visibilità della attività da svolgere.

In particolare devono essere chiari e visibili a tutte le risorse del reparto produzione i seguenti aspetti:

- la pianificazione delle attività dei team e delle funzioni coinvolte
- gli obiettivi
- le analisi e la soluzione dei problemi tecnici

La disponibilità di tutte queste informazioni in forma visibile attiva una modalità di comunicazione nuova, basata sulla cooperazione tra dipartimenti e sul rafforzamento del ruolo attivo del management e dello staff nella risoluzione dei problemi.

Nei paragrafi successivi, vengono illustrate come dovrebbero essere gestite le attività del servizio di manutenzione per il soddisfacimento delle attuabili politiche manutentive, e la documentazione a supporto, mediante diagrammi di flusso.

4.2.2 La manutenzione correttiva (a guasto)

Dal momento in cui si genera un guasto, per la gestione corretta di tale politica manutentiva, è necessario fare riferimento ai seguenti casi:

1. Il guasto nella macchina in oggetto blocca la produzione? Sì. La macchina in oggetto è collo di bottiglia? Sì. Allora vi sarà un intervento immediato della manutenzione, la macchina viene riparata e quindi riconsegnata all'operatore di linea, il quale potrà riprendere la produzione.
2. Il guasto della macchina in oggetto blocca la produzione? No. Allora vi sarà un intervento programmato della manutenzione, la macchina produce ora a cadenza ridotta, sarà riparata successivamente agli eventuali interventi ritenuti più critici in corso, quindi riparata e riconsegnata all'operatore di linea, il quale sarà comunque stato in grado di non interrompere la produzione.
3. Il guasto nella macchina in oggetto blocca la produzione? Sì. La macchina è collo di bottiglia? No. Per questo situazione valgono le considerazioni fatte al punto 2

Dal momento che avviene un guasto macchina, questo implica che venga richiesto un intervento da parte della manutenzione, ed istantaneamente inizia il processo di valutazione delle criticità del guasto in corso. La richiesta di manutenzione in questo frangente, non essendo ancora stata assegnata ad un manutentore, risulta essere "in analisi". Il processo successivo sarà quello di valutare la causale di fermo macchina e assegnarla quindi ad un manutentore meccanico piuttosto che elettrico, la richiesta diventa ora "aperta" ed ha un responsabile. Infine, quando sulla macchina è stato sanato il guasto, la richiesta viene compilata e quindi evasa provvedendo ad inserire tutte le informazioni circa l'avvenuta causale di guasto, le azioni provvisorie e correttive attuate, l'eventuale richiesta ricambi o azioni di miglioramento, quindi la data e l'ora di inizio e fine lavori, compreso il tempo di durata dell'intervento.

4.2.3 La manutenzione preventiva – programmata

La manutenzione preventiva viene programmata attraverso il Piano Annuale di Manutenzione nel quale è presente l'elenco delle macchine oggetto di manutenzione preventiva con dettaglio settimanale. L'intervento manutentivo si svolge secondo quanto dettato dai manuali d'uso e manutenzione delle macchine e da quanto fornito dall'esperienza dei manutentori.

Ipotizzando di essere giunti ad un numero preciso di ore di funzionamento, anche gli interventi preventivi innescano diverse ruote:

1. La macchina è disponibile? Sì. Allora si programma l'intervento di manutenzione specifica durante la settimana, secondo gli accordi con i responsabili di manutenzione e con il responsabile di linea.
2. La macchina è disponibile? No. Se per esigenze produttive la macchina non può essere resa disponibile, allora si dovrà programmare l'intervento per la prossima fermata macchine ed esso sarà prioritario su tutti gli altri.

5. LA MANUTENZIONE DELLA RETE IDRICA DI PANTELLERIA

5.1 Impianto acquedotto

Gli acquedotti consentono la captazione, il trasporto, l'accumulo e la distribuzione dell'acqua destinata a soddisfare i bisogni vari quali pubblici, privati, industriali, ecc..

La captazione dell'acqua varia a seconda della sorgente dell'acqua (sotterranea di sorgente o di falda, acque superficiali) ed il trasporto avviene, generalmente, con condotte in pressione alle quali sono allacciate le varie utenze.

A seconda del tipo di utenza gli acquedotti si distinguono in civili, industriali, rurali e possono essere dotati di componenti che consentono la potabilizzazione dell'acqua o di altri dispositivi (impianti di potabilizzazione, dissalatori, impianti di sollevamento).

5.1.1 Attitudine al controllo della tenuta

Gli elementi dell'impianto idrico di adduzione dell'acqua devono essere idonei ad impedire fughe dei fluidi in circolazione per garantire la funzionalità dell'impianto.

Gli impianti devono essere realizzati con materiali e componenti idonei ad impedire fughe o trafileamenti dei fluidi in circolazione in modo da garantire la funzionalità dell'intero impianto in qualunque condizione di esercizio.

La capacità di tenuta viene verificata mediante la prova indicata dalla norma UNI di settore. Al termine della prova si deve verificare la assenza di difetti o segni di cedimento. Il riferimento normativo è "D.M. Sviluppo Economico 22.1.2008, n. 37".

5.1.2 Attitudine al controllo dell'aggressività dei fluidi

Le tubazioni dell'impianto idrico non devono dar luogo a fenomeni di incrostazioni, corrosioni, depositi che possano compromettere il regolare funzionamento degli impianti stessi.

L'acqua utilizzata per l'alimentazione delle tubazioni deve essere priva di materie in sospensione e di vegetazione e soprattutto non deve contenere sostanze corrosive.

L'analisi delle caratteristiche dell'acqua deve essere ripetuta con frequenza annuale e comunque ogni volta che si verifichi un cambiamento delle stesse.

Devono essere previsti specifici trattamenti dell'acqua in modo che le caratteristiche chimico-fisiche (aspetto, pH, conduttività elettrica, durezza totale, cloruri, ecc.) corrispondano a quelle riportate dalla normativa. In particolare le acque destinate al consumo umano che siano state sottoposte ad un trattamento di addolcimento o dissalazione devono presentare le seguenti concentrazioni minime:

- durezza totale 60 mg/l Ca
- alcalinità ≥ 30 mg/l HCO₃

La norma a cui fare riferimento è la UNI 9182.

5.2 L'unità tecnologica

L'unità tecnologica è composta dai seguenti elementi manutenibili:

1. Contatori
2. Giunti a flangia
3. Giunti di dilatazione
4. Manometri
5. Misuratori di portata
6. Pompe di sollevamento
7. Pozzetti
8. Riduttori di pressione
9. Rubinetti
10. Saracinesche a ghigliottina
11. Serbatoi pressurizzati
12. Sfiati
13. Valvole a farfalla

14. Valvole a galleggiante
15. Valvole a saracinesca
16. Valvole antiritorno
17. Valvole di fondo
18. Valvole riduttrici di pressione

5.2.1 Contatori

Il tipo di contatore più semplice e usato è quello a mulinello (Woltmann) che è dotato di un'elica che viene messa in rotazione dal fluido in movimento; si calcola il volume dell'acqua fluita attraverso lo strumento dal numero di giri dell'elica in un dato intervallo di tempo. Si usano di norma per misurare i volumi d'acqua forniti alle utenze.

Requisiti e prestazioni

I contatori devono essere in grado di evitare fughe di fluido.

Prestazioni:

Le varie parti del contatore devono essere in grado di resistere ad eventuali fenomeni di corrosione che dovessero verificarsi durante il funzionamento.

Livello minimo della prestazione:

Quando i contatori sono utilizzati per usi igienici, devono essere rispettati i dettami della C.M. 2.12.1978, n. 102, e relativa alla tossicità dei materiali a contatto con l'acqua.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie che si possono presentare durante il funzionamento sono:

- Difetti di funzionamento dei dispositivi di regolazione del contatore
- Difetti di funzionamento del dispositivo indicatore dei volumi di consumo
- Perdite di fluido in prossimità dell'innesto del contatore sulla tubazione di adduzione
- Anomalie o rotture dei vetri di protezione dei dispositivi indicatori

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli che un addetto può fare sono:

- Verificare che i dispositivi indicatori dei consumi girino regolarmente

- Verificare l'integrità dei vetri di protezione

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

É necessario che ogni 6 mesi di funzionamento, un operaio specializzato esegua le seguenti operazioni:

- Verificare e registrare gli attacchi delle tubazioni al contatore per evitare perdite.
- Eseguire la taratura del contatore quando necessario

5.2.2 Giunti a flangia

Rendono possibile e agevole l'unione di due tronchi di tubazione di materiale differente e di diverso diametro e spessore; sono formati da un corpo di ghisa o di acciaio, da due ghiera di serraggio dotate di fori per l'inserimento dei bulloni di serraggio e da due guarnizioni in gomma per la tenuta.

Requisiti e prestazioni

I giunti ed i relativi elementi devono essere in grado di evitare fuoriuscite di fluido.

Prestazioni:

La prova per determinare la tenuta dei giunti deve essere effettuata secondo quanto indicato dalla norma tecnica. I tubi devono rimanere sotto pressione per 15 secondi.

Livello minimo della prestazione:

Devono essere verificati i livelli minimi indicati dalla norma tecnica e non devono verificarsi, al termine della prova, fuoriuscite di acqua, difetti o anomalie.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie che si possono presentare durante il funzionamento sono:

- Difetti di tenuta della ghiera di serraggio
- Difetti di serraggio dei dadi e bulloni
- Difetti di tenuta delle guarnizioni dei giunti con conseguente perdite di fluido

Controlli eseguibili da personale specializzato

In questo caso l'addetto deve ispezionare visivamente i giunti ogni anno verificando lo stato di tenuta delle guarnizioni, della ghiera di serraggio, e dei bulloni e dei dadi.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Solo se occorre è necessario:

- Serrare i dadi e i bulloni dei giunti quando si verificano piccole perdite di fluido dalle tubazioni
- Sostituire le guarnizioni quando usurate

5.2.3 Giunti di dilatazione

Consentono gli allungamenti e gli accorciamenti delle tubazioni che si hanno a causa delle variazioni termiche; sono, quindi, indispensabili nei tratti in cui le tubazioni corrono a cielo aperto. Un tipo particolare di giunto, detto "compensatore di dilatazione", è formato da una serie di elementi elastici metallici increspatis che possono essere sia compressi che tesi consentendo le dilatazioni positive o negative delle tubazioni.

Requisiti e prestazioni

1) Adattabilità delle finiture

Gli elementi di tenuta devono essere privi di difetti o irregolarità che ne pregiudichino la funzionalità.

Prestazioni:

Le imperfezioni devono essere classificate in imperfezioni di superficie in zone coinvolte nella funzione di tenuta e imperfezioni di superficie in zone non coinvolte nella funzione di tenuta.

Livello minimo della prestazione:

Sono ammesse delle tolleranze specificate a partire dalle classi appropriate indicate nella UNI ISO 3302.

2) Resistenza alla trazione

Gli elementi costituenti i giunti di dilatazione devono essere in grado di resistere a sollecitazioni di trazione.

Prestazioni:

La resistenza alla trazione e l'allungamento a rottura devono essere determinati con il metodo di prova indicato nella norma UNI di settore.

Livello minimo della prestazione:

La resistenza alla trazione e l'allungamento a rottura devono essere conformi ai requisiti indicati nei prospetti 2 e 3 della norma UNI EN 681.

3) Resistenza all'ozono

Gli elementi di tenuta di gomma dei giunti di dilatazione non devono subire disgregazioni se sottoposti all'azione dell'ozono.

Prestazioni:

La resistenza all'ozono dei giunti in gomma viene determinata nelle condizioni qui di seguito stabilite:

- concentrazione di ozono 50 +/- 5 p.p.m.;
- temperatura 40 +/- 2 °C;
- tempo di pretensionamento 72 +/- 2 h;
- tempo di esposizione 48 +/- 2 h;
- allungamento 36 a 75 IRHD 20% +/- 2%, 76 a 85 IRHD 15% +/- 2%, 86 a 95 IRHD 10% +/- 1%;
- umidità relativa 55% +/- 10%.

Livello minimo della prestazione:

La resistenza all'ozono degli elementi di tenuta in gomma vulcanizzata dei giunti deve essere conforme ai requisiti indicati nei prospetti 2 e 3 della norma UNI EN 681.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie più comuni che possono essere riscontrate durante il funzionamento sono

- Presenza di abrasioni, bolle, rigonfiamenti, incisioni superficiali a carico degli strati di tenuta per vetustà degli elementi o per evento esterno (alte temperature, grandine, urti, ecc.)
- Cambiamento della forma iniziale con imbarcamento degli elementi
- Fenomeni di invecchiamento, disgregazione e ossidazione a carico delle superfici degli strati di tenuta
- Accumulo di materiale e di incrostazioni di diversa consistenza, spessore e aderenza diversa

- Difetti di tenuta dei giunti con conseguente perdite di fluido
- Formazioni cristalline sulle superfici, di colore biancastro, di sali solubili
- Incrinature localizzate che provocano perdite di fluido
- Infragilimento della membrana che costituisce il giunto con conseguente perdita di elasticità e rischio di rottura

Controlli eseguibili da personale specializzato

Il tecnico specializzato deve verificare i giunti di dilatazione controllando che non vi siano perdite o bolle o rigonfiamenti che possano comprometterne l'efficienza. Il controllo va effettuato visivamente ogni anno.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Il tecnico specializzato è tenuto a sostituire i giunti di dilatazione quando si sono usurati.

5.2.4 Manometri

I manometri sono strumenti usati per la misurazione della pressione. Devono essere scelti in relazione alle condizioni di utilizzo (pressione di esercizio e temperatura massima prevista).

L'attacco di pressione deve essere a tenuta stagna e può variare, a seconda del tipo di manometro, come segue:

- in caso di utilizzo di manometri con filettature cilindriche, la tenuta alla pressione viene realizzata sulla faccia di tenuta utilizzando una guarnizione di tenuta che sia compatibile con il fluido;
- in caso di utilizzo di manometri con filettature coniche, la tenuta alla pressione viene realizzata tramite accoppiamento della filettatura, ma è pratica comune applicare del materiale di giunzione al filetto maschio prima del montaggio. Il materiale di giunzione deve essere compatibile con il fluido;
- in caso di utilizzo di manometri a membrana con attacco flangiato, attenersi alle raccomandazioni delle norme indicate dal costruttore.

Requisiti e prestazioni

1) Resistenza alla corrosione

I manometri devono essere realizzati con materiali in grado di resistere a fenomeni di corrosione.

Prestazioni:

Le varie parti del manometro devono essere in grado di resistere ad eventuali fenomeni di corrosione che dovessero verificarsi durante il funzionamento.

Livello minimo della prestazione:

Quando i contatori sono utilizzati per usi igienici devono essere rispettati i dettami della normativa relativa alla tossicità dei materiali a contatto con l'acqua.

2) Resistenza meccanica

I manometri devono essere in grado di sopportare pressioni statiche, sovrappressioni e pressioni cicliche senza subire variazioni o disgregazioni.

Prestazioni:

I manometri devono essere realizzati con materiali in grado di non perdere le proprie capacità di resistenza meccanica se sottoposti a sollecitazioni meccaniche.

Livello minimo della prestazione:

Il manometro deve sopportare una pressione statica uguale al valore di fondo scala per un lungo periodo. Il manometro deve sopportare una sovrappressione del 25 % per un breve periodo. Il manometro deve sopportare una pressione fluttuante dal 30 % al 60 % del valore di fondo scala per 100000 cicli.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie più comuni che possono essere riscontrate nel funzionamento dei manometri sono:

- Difetti degli attacchi dovuti a perdita della filettatura che provocano perdite di fluido
- Difetti di funzionamento delle guarnizioni
- Difetti di tenuta per cui si verificano perdite di acqua in prossimità della giunzione tubazione-manometro.
- Anomalie o rotture dei vetri di protezione dei dispositivi indicatori

Controlli eseguibili da personale specializzato

Il tecnico specializzato ogni 3 mesi di funzionamento deve:

- Verificare che i dispositivi indicatori dei consumi girino regolarmente
- Verificare l'integrità dei vetri di protezione

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Le attività di manutenzione da eseguire dall'operatore specializzato sono:

- Verificare e registrare gli attacchi delle tubazioni al misuratore per evitare perdite (ogni 3 mesi)
- Eseguire la taratura del misuratore quando necessario

5.2.5 Misuratori di portata

Tra i misuratori di portata a pressione troviamo i venturimetri. I venturimetri unificati possono essere di due tipi, il classico e il venturimetro-boccaglio: ambedue possono essere lunghi o corti, normali o troncati.

I venturimetri classici sono formati da un tratto troncoconico convergente che permette il passaggio dal diametro D della tubazione a un diametro d , molto inferiore, che si mantiene per un breve tratto detto gola cui segue un tratto troncoconico divergente alla cui fine il diametro torna al suo valore originario D .

Il venturimetro-boccaglio unificato è formato a monte da un boccaglio corto a piccolo rapporto di apertura, cui seguono un breve tratto cilindrico e un tratto divergente con un angolo al centro massimo di 30° . In base alla differenza di lunghezza del tratto divergente, i venturimetri e i venturimetri-boccagli si distinguono in lunghi e corti.

Requisiti e prestazioni

Isolamento elettrico:

I misuratori di portata devono garantire un livello di isolamento elettrico

Prestazioni:

Tutti gli elementi costituenti il misuratore di portata devono essere in grado di non subire disgregazioni se sottoposti a sbalzi della tensione di alimentazione.

Livello minimo della prestazione:

La resistenza all'isolamento elettrico viene determinata con la prova indicata nella norma UNI 6894. La prova consiste nel determinare la variazione dei valori (iniziale e finale) del campo di uscita. Tale variazione viene causata dalla sovrapposizione di un segnale alternato alla frequenza di rete di 250 V.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento che potrebbero presentarsi sono:

- Difetti di funzionamento dei pennini.
- Difetti di funzionamento dei dispositivi di regolazione del contatore.
- Difetti di funzionamento delle serrature dei pannelli di chiusura del misuratore.
- Mancanza dei fogli su cui vengono riportati i diagrammi risultanti dalle misurazioni.

- Mancanza di inchiostro nei pennini per cui non si possono effettuare le stampe dei valori rilevati
- Anomalie o rotture dei vetri di protezione dei dispositivi indicatori

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli da effettuare al misuratore di portata sono:

- Ogni 12 mesi eseguire un controllo della funzionalità dei dispositivi di regolazione e controllo.
- Ogni 6 mesi controllare che i dispositivi di stampa (fogli e pennini) siano perfettamente funzionanti
- Ogni 6 mesi eseguire un controllo della cassetta di custodia verificando l'integrità delle serrature, dei vetri di protezione.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Le manutenzioni che un tecnico specializzato deve eseguire sono:

- Integrare i fogli mancanti ed i pennini per consentire la stampa (quando occorre)
- Eseguire la taratura dei dispositivi di regolazione dei misuratori (ogni 12 mesi)

5.2.6 Pompe di sollevamento

Un impianto di sollevamento è formato da:

- 1) una vasca di aspirazione delle pompe;
- 2) da una sala macchine dove sono installate le pompe;
- 3) da una serie di tubazioni e di apparecchiature idrauliche;
- 4) da un locale quadri elettrici di manovra e controllo;
- 5) da apparecchi di sollevamento delle pompe.

Di solito si utilizzano le pompe centrifughe con motore elettrico che vengono collocate a quota più elevata rispetto al livello liquido della vasca di aspirazione. Si utilizza un minimo di due pompe fino ad un massimo di otto e più all'aumentare della potenza installata. L'utilizzo di più pompe serve ad ottenere una notevole elasticità di esercizio facendo funzionare

soltanto le macchine di volta in volta necessarie. Le pompe sono formate da una girante fornita di pale che imprime al liquido un movimento di rotazione, un raccordo di entrata convoglia il liquido dalla tubazione di aspirazione alla bocca di ingresso della girante.

Le pompe, a seconda della direzione della corrente all'interno della girante, si suddividono in centrifughe (con flusso radiale), in elicoidali o miste (con flusso elicoidale) e in assiali o a elica (con flusso assiale).

Negli acquedotti si utilizzano in genere solo pompe centrifughe.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo delle dispersioni elettriche

I componenti delle stazioni di pompaggio devono essere dotati di collegamenti equipotenziali con l'impianto di terra per evitare alle persone qualsiasi pericolo di folgorazioni per contatto diretto, secondo quanto prescritto dalla norma tecnica.

Prestazioni:

L'alimentazione di energia elettrica al gruppo di pompaggio deve avvenire tramite accorgimenti necessari per garantire l'isolamento della pompa dall'alimentazione elettrica stessa.

Livello minimo della prestazione:

L'apparecchiatura elettrica di un gruppo di pompaggio deve soddisfare i requisiti imposti dalla normativa

2) Attitudine al controllo dei rischi

Le pompe ed i relativi accessori devono essere dotati di dispositivi di protezione per evitare danni alle persone.

Prestazioni:

Gli alberi rotanti dotati di linguette o altri elementi in grado di provocare tagli o impigliamenti devono essere protetti o muniti di ripari. I giunti o i bracci trasversali di trasmissione rotanti o alternativi devono essere dotati di ripari o recinzioni permanenti.

Livello minimo della prestazione:

mezzi di protezione (barriere per la prevenzione del contatto con le parti in movimento, fermi di fine corsa, ripari) devono essere, a seconda del tipo, conformi alle norme tecniche.

3) Attitudine al controllo del rumore prodotto

La pompa con tutti gli accessori completamente montati non deve emettere un livello di rumore superiore a quello consentito dalla norma.

Prestazioni:

L'emissione di rumore da parte dell'apparecchio deve essere verificata effettuando misure sull'apparecchio in questione oppure su apparecchi simili che operano in condizioni simili. Le emissioni di rumore devono essere riferite al gruppo completamente montato con tutti gli apparecchi ausiliari, i ripari e qualsiasi elemento di contenimento del rumore.

Livello minimo della prestazione:

Le misurazioni del rumore devono essere effettuate in conformità alle norme tecniche.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- Difetti di funzionamento delle valvole dovuti ad errori di posa in opera o al cattivo dimensionamento delle stesse.
- Perdite di carico di esercizio delle valvole dovute a cattivo funzionamento delle stesse.
- Perdite d'olio dalle valvole che si manifestano con macchie di olio sul pavimento.
- Eccessivo livello del rumore prodotto dalle pompe di sollevamento durante il loro normale funzionamento.

Controlli eseguibili da personale specializzato

Ogni 6 mesi è necessario che un operaio specializzato faccia le seguenti verifiche:

- 1) Verificare lo stato di funzionalità della pompa accertando che non ci sia stazionamento di aria e che la pompa ruoti nel senso giusto.
- 2) Verificare tutti gli organi di tenuta per accertarsi che non vi siano perdite eccessive e che il premitraccia non lasci passare l'acqua.

3) Verificare inoltre il livello del rumore prodotto

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Le manutenzioni che un tecnico specializzato deve eseguire sono:

- Eseguire una pulizia dei filtri mediante asportazione dei materiali di deposito e lavaggio con acqua a pressione (ogni anno)
- Effettuare una disincrostazione meccanica (utilizzando prodotti specifici) della pompa e del girante nonché una lubrificazione dei cuscinetti ed eseguire una verifica sulle guarnizioni sostituendole nel caso ce ne fosse bisogno (ogni anno)
- Eseguire lo smontaggio delle pompe per eseguire una revisione e dopo la revisione rimontare le pompe. (ogni 4 anni)
- Effettuare la sostituzione delle pompe con altre dalle caratteristiche simili.

5.2.7 Pozzetti

Tutti gli elementi dell'acquedotto (sfiati, valvole riduttrici o regolatrici dei carichi, saracinesche, valvole a farfalla, ecc.) previsti lungo la rete di adduzione esterna, quando non sono collocati all'interno di determinati locali devono essere installati all'interno di appositi manufatti realizzati in calcestruzzo o in muratura, quasi sempre totalmente interrati, chiamati "pozzetti". I pozzetti sono dotati di chiusini metallici per l'accesso dall'esterno che devono essere forniti di opportuni sistemi di chiusura. Le dimensioni interne del pozzetto variano a seconda delle apparecchiature installate e devono essere tali da consentire tutte le manovre degli apparecchi necessarie durante l'esercizio e di eseguire le operazioni di manutenzione ordinaria, di riparazione, di smontaggio e di sostituzione delle apparecchiature.

Requisiti e prestazioni

1) Resistenza meccanica:

I pozzetti ed i relativi componenti devono essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

Prestazioni:

La verifica della resistenza meccanica e di tenuta idraulica può essere eseguita in base al punto 5.2 del prEN 1253-2 e la pressione da applicare (che può causare il passaggio di aria) deve essere maggiore 400 Pa.

Livello minimo della prestazione:

Si ritiene che pozzetti con separatore di sedimenti con tenuta idraulica avente profondità maggiore di 60 mm soddisfino il presente requisito.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- Sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo
- Deposito di materiale vario (polvere, radici, terreno, ecc.) sulla parte superiore dei pozzetti

- Difetti di apertura e chiusura dei chiusini dovuti a presenza di terreno, polvere, grassi, ecc..
- Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.
- Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di criptoefflorescenza o subefflorescenza
- Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa.
- Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura, dovuti a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici
- Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua
- Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli che devono essere eseguiti periodicamente sono:

- 1) Ogni 6 mesi è necessario che un tecnico specializzato verifichi lo stato dei chiusini di accesso ai pozzetti controllando che siano facilmente removibili.
- 2) Ogni anno controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Ogni 6 mesi un operaio specializzato è tenuto ad effettuare una disincrostazione dei chiusini di accesso ai pozzetti con prodotti sgrassanti.

5.2.8 Riduttore di pressione

I riduttori di pressione possono essere del tipo semplice o combinato. Il riduttore di pressione dell'acqua è una valvola che riduce la pressione di un fluido all'uscita in base ad un valore regolabile o preimpostato. Il riduttore di pressione d'acqua combinato è un riduttore della pressione dell'acqua con funzioni supplementari (per esempio valvola di arresto e valvola di ritegno) contenute nello stesso corpo.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della pressione

Il riduttore di pressione e i suoi elementi devono garantire durante il funzionamento i valori della pressione di esercizio richiesti

Prestazioni:

riduttori di pressione devono funzionare in modo da consentire il controllo dei valori minimi e massimi della pressione

Livello minimo della prestazione:

Il controllo della pressione dei riduttori viene accertata con le modalità indicate dalla norma UNI EN 1567. Secondo tale prova bisogna svuotare i fori di ingresso e di uscita. Regolare il riduttore ad una pressione di ingresso di 8 bar per ottenere la pressione di uscita minima. Regolare il riduttore ad una pressione di ingresso di 16 bar per ottenere la pressione di uscita massima. Registrare le pressioni (minima e massima) di uscita ottenute.

La prova risulta superata se si verificano i seguenti valori: pressione di uscita minima $\leq 1,5$ bar e pressione di uscita massima $\leq 6,5$ bar

2) Attitudine al controllo della tenuta

I riduttori di pressione devono essere in grado di garantire la tenuta del fluido evitando perdite.

Prestazioni:

Tutti gli elementi del riduttore (dispositivo di comando e regolazione, filtri, attacchi) devono garantire la tenuta idraulica.

Livello minimo della prestazione:

La tenuta del riduttore viene verificata eseguendo la prova indicata dalla norma UNI EN 1567. Secondo tale prova si applica una pressione dell'acqua di 25 bar al raccordo di ingresso del riduttore e di 16 bar al raccordo di uscita del riduttore, per un periodo di 10 min. Al termine della prova non deve verificarsi alcuna perdita o deformazione permanente.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- Difetti di funzionamento dei dispositivi di comando dei riduttori di pressione
- Difetti degli attacchi dovuti a perdita della filettatura che provocano perdite di fluido.
- Difetti dei filtri dovuti ad accumuli di materiale che impediscono il regolare funzionamento del riduttore
- Difetti di tenuta dei riduttori per cui si verificano perdite di acqua in prossimità della giunzione tubazione-riduttore

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli che devono essere eseguiti periodicamente sono:

- Ogni 3 mesi effettuare una verifica dei filtri per accertare la piena efficienza degli stessi
- Ogni 3 mesi effettuare una verifica del riduttore rilevando se sono presenti perdite di fluido
- Ogni 3 mesi effettuare una serie di verifiche dei dispositivi di comando effettuando una serie di manovre di apertura e chiusura

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Quando occorre è necessario che un tecnico specializzato esegua le seguenti operazioni:

- 1) Sostituire i dispositivi di regolazione e comando dei riduttori di pressione quando usurati
- 2) Sostituire i filtri dei riduttori con filtri dello stesso diametro
- 3) Sostituire i riduttori di pressione quando non più rispondenti alla loro funzione

5.2.9 Rubinetti

Hanno la funzione di intercettare e di erogare i fluidi all'esterno dell'impianto.

Possono essere:

- ad alimentazione singola;
- ad alimentazione con gruppo miscelatore;
- ad alimentazione con miscelatore termostatico.

Il materiale più adoperato è l'acciaio rivestito con nichel e cromo o smalto. Per la scelta della rubinetteria sanitaria è importante considerare:

- il livello sonoro
- la resistenza meccanica a fatica dell'organo di manovra
- la resistenza meccanica a fatica dei deviatori
- la resistenza all'usura meccanica delle bocche orientabili. La UNI EN 200 definisce i metodi di prova

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della portata dei fluidi

I rubinetti devono essere in grado di garantire valori minimi di portata dei fluidi.

Prestazioni:

I rubinetti devono assicurare, anche nelle più gravose condizioni di esercizio, una portata d'acqua non inferiore a quella di progetto.

In particolare, a seconda degli apparecchi che servono, sono richieste le seguenti erogazioni sia di acqua fredda che calda:

- lavabo, portata = 0,10 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 50 kPa;
- bidet, portata = 0,10 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 50 kPa;
- vaso a cassetta, portata = 0,10 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 50 kPa;
- vaso con passo rapido (dinamica a monte del rubinetto di erogazione), portata = 1,5 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 150 kPa;
- vasca da bagno, portata = 0,20 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 50 kPa;
- doccia, portata = 0,15 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 50 kPa;
- lavello, portata = 0,20 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 50 kPa;

- lavabiancheria, portata = 0,10 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 50 kPa;
- idrantino 1/2", portata = 0,40 l/s e pressione (o flussometro 3/4") > 100 kPa

Livello minimo della prestazione:

Il dimensionamento delle reti di distribuzione dell'acqua fredda e calda può essere verificato mediante l'individuazione della portata massima contemporanea utilizzando il metodo delle unità di carico (UC). Pertanto bisogna accertare che facendo funzionare contemporaneamente tutte le bocche di erogazione dell'acqua fredda previste in fase di calcolo per almeno 30 minuti consecutivi, la portata di ogni bocca rimanga invariata e pari a quella di progetto (con una tolleranza del 10%).

2) Attitudine al controllo della tenuta

I rubinetti devono essere in grado di garantire la tenuta del fluido evitando perdite.

Prestazioni:

Tutti gli elementi del rubinetto (dispositivo di chiusura, corpo, accoppiamento vitone-corpo, accoppiamento bocca-corpo) devono garantire la tenuta idraulica.

Livello minimo della prestazione:

Devono essere rispettati i valori specifici indicati dalla norma per i vari componenti i rubinetti.

3) Comodità di uso e manovra

I rubinetti devono presentare caratteristiche di facilità di uso, di funzionalità e di manovrabilità.

Prestazioni:

I rubinetti. devono essere concepiti e realizzati in forma ergonomicamente corretta ed essere disposti in posizione ed altezza dal piano di calpestio tali da rendere il loro utilizzo agevole e sicuro.

Livello minimo della prestazione:

Devono essere rispettati le varie indicazioni fornite dalle norme per i vari sanitari.

4) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

La rubinetteria deve essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo.

Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, la rubinetteria sanitaria ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche funzionali e di finitura superficiale assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

I rubinetti di erogazione possono essere sottoposti a cicli di apertura/chiusura, realizzati secondo le modalità indicate dalle norme controllando al termine di tali prove il mantenimento dei livelli prestazionali richiesti dalla normativa. La pressione esercitata per azionare i rubinetti di erogazione, i miscelatori e le valvole non deve superare i 10 Nm.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- 1) Alterazione dello strato di rivestimento dovuta a urti o manovre violente
- 2) Corrosione delle tubazioni di adduzione con evidenti segni di decadimento delle stesse evidenziato con cambio di colore e presenza di ruggine in prossimità delle corrosioni
- 3) Difetti di funzionamento dei filtri dovuti ad accumulo di materiale
- 4) Perdite del fluido in prossimità di raccordi dovute a errori o sconnessioni delle giunzioni
- 5) Difetti di funzionamento delle valvole dovuti ad errori di posa in opera o al cattivo dimensionamento delle stesse
- 6) Accumuli di materiale di deposito all'interno delle tubazioni ed in prossimità dei filtri che causano perdite o rotture delle tubazioni

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli che devono essere eseguiti ogni 6 mesi sono:

- Verifica della tenuta ed eventuale sostituzione dei flessibili di alimentazione
- Verifica e sistemazione dell'insieme della rubinetteria

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Quando occorre è necessario che un tecnico specializzato esegua le seguenti operazioni:

1. Eseguire un ingrassaggio dei rubinetti incrostatati
2. Rimozione di eventuale calcare sugli apparecchi sanitari con l'utilizzo di prodotti chimici
3. Effettuare la sostituzione delle guarnizioni quando si verificano evidenti perdite di fluido
4. Effettuare la sostituzione del gruppo rubinetteria quando usurata

5.2.10 Saracinesche (a ghigliottina)

Per consentire l'interruzione sia parziale sia completa del flusso e per regolare la pressione di esercizio vengono installate, lungo le tubazioni dell'acquedotto, delle valvole dette appunto di intercettazione e di regolazione. Fanno parte di questa categoria le valvole a saracinesca che sono più comunemente chiamate saracinesche. Sono realizzate in ghisa o in acciaio e sono dotate di un apparato otturatore (detto paratia) che si muove in apposita guida di scorrimento e movimentato da un albero a vite. Nel caso di basse pressioni di esercizio possono essere comandate anche a mano agendo sull'apposito volantino o nel caso di grandi pressioni azionando appositi by-pass che consentono di ridurre, attraverso una serie di ingranaggi, la pressione. Possono essere azionate anche con servomotori idraulici o mediante motori elettrici.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della tenuta

Le valvole devono garantire la tenuta ad una pressione d'acqua interna uguale al maggiore dei due valori: la pressione di prova ammissibile (PPA) o 1,5 volte la pressione di esercizio ammissibile (PEA).

Prestazioni:

La tenuta tra il coperchio e l'albero di manovra deve essere garantita da almeno due guarnizioni del tipo toroidale (O-Ring) e da una guarnizione supplementare. Deve essere garantita la tenuta alle polveri e anticondensa.

Livello minimo della prestazione:

Devono essere rispettati i valori minimi indicati per ciascun elemento della saracinesca.

2) Resistenza alla corrosione

Le saracinesche devono essere realizzate con materiali idonei a resistere a fenomeni di corrosione.

Prestazioni:

Il corpo della saracinesca deve essere realizzato in un unico elemento di fusione metallica di ghisa del tipo sferoidale.

L'albero di manovra deve essere realizzato in unico pezzo in acciaio inossidabile di qualità non minore di X 20 Cr 13.

Livello minimo della prestazione:

I materiali utilizzati per la realizzazione delle saracinesche devono essere esclusivamente ghisa sferoidale del tipo GS 400-15 o del tipo GS 500-7. Tutte le superfici esterne devono essere rivestite con trattamenti epossidici del tipo a spessore con uno spessore minimo di 200 micron.

3) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

Le saracinesche devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo.

Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, le valvole ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche funzionali assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

I valori dei momenti massimi di manovra per le saracinesche sono quelli riportati nella norma UNI EN 1074.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie più comuni che possono essere riscontrate nel funzionamento delle saracinesche sono:

- Difetti di funzionamento dell'albero di manovra che non consentono la movimentazione delle paratie della saracinesca
- Difetti di apertura e chiusura dei chiusini dovuti a presenza di terreno, polvere, grassi, ecc.
- Difetti di serraggio dei bulloni della camera a stoppa o dei bulloni del premistoppa che causano perdite di pressione del fluido
- Difetti di tenuta delle guarnizioni del premistoppa o della camera a stoppa che provocano perdite di fluido
- Difetti di funzionamento delle guide di scorrimento dovuti a mancanza di sostanza lubrificante (oli, grassi, ecc.)
- Depositi di materiale di varia natura (polveri, grassi, terreno) che provoca malfunzionamenti degli organi di manovra delle saracinesche
- Depositi di terreno e fogliame che provocano ostruzioni allo scorrimento della saracinesca

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli che devono essere eseguiti ogni 6 mesi sono:

- 1) Verificare la funzionalità dell'albero di manovra effettuando una serie di manovre di apertura e chiusura.
- 2) Verificare che i chiusini di chiusura dei pozzetti, dove sono installate le paratie, siano ben funzionanti. Verificare che non vi siano impedimenti alla loro movimentazione
- 3) Effettuare una verifica della funzionalità delle guide di scorrimento accertando che non vi siano ostacoli che impediscono il corretto funzionamento della paratia

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Le manutenzioni che un tecnico specializzato deve eseguire sono:

- Eseguire una disincrostazione della paratia con prodotti sgrassanti per ripristinare la funzionalità della saracinesca

- Effettuare un ingrassaggio degli elementi di manovra della paratia per evitare malfunzionamenti
- Eseguire una registrazione della paratia e delle guarnizioni per evitare fuoriuscite di fluido

5.2.11 Serbatoi pressurizzati

I serbatoi consentono il corretto funzionamento delle macchine idrauliche e/o dei riscaldatori ed assicurano una riserva idrica adeguata alle necessità degli utenti in caso di cattivo funzionamento delle reti di distribuzione o in caso di arresti della erogazione da parte dei gestori del servizio di erogazione.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della tenuta

Gli elementi costituenti i serbatoi devono essere in grado di evitare fughe dei fluidi di alimentazione in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo.

Prestazioni:

I materiali e componenti devono essere idonei ad impedire fughe dei fluidi in modo da assicurarne la durata e la funzionalità nel

tempo. Tali prestazioni devono essere garantite in condizioni di pressione e temperatura corrispondenti a quelle massime di esercizio.

Livello minimo della prestazione:

I serbatoi sono sottoposti alla prova di tenuta. Si sottopone l'intera rete idrica, per un tempo non inferiore alle 4 ore, all'azione di una pressione di 1,5 volte quella massima di esercizio, con un minimo di 600 kPa. La prova si ritiene superata positivamente se la pressione della rete è rimasta invariata, con una tolleranza di 30 kPa (controllata mediante un manometro registratore) e non si sono verificate rotture, deformazioni o altri deterioramenti in genere (trafilamenti d'acqua, trasudi, ecc.).

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- 1) Cattivo funzionamento del sistema di taratura e controllo
- 2) Perdita di carico del circuito dovuta a fughe del fluido

- 3) Perdite del liquido per cattivo funzionamento del livellostato e del pressostato delle pompe

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli che devono essere eseguiti periodicamente sono:

- Controllare a vista il corretto funzionamento della valvola di sicurezza, della valvola anticolpo e del livellostato (ogni 6 mesi)
- Controllare lo stato generale e l'integrità dei serbatoi e provvedere alla eliminazione di eventuali perdite (ogni anno)

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Quando occorre è necessario che un tecnico specializzato esegua le seguenti operazioni:

- Pulizia interna mediante lavaggio con eventuale asportazione di rifiuti (ogni 2 anni)
- Effettuare una taratura dei dispositivi di regolazione e controllo ed eseguire una regolazione del pressostato delle pompe (ogni 6 mesi)

5.2.12 Sfiati

Per far sì che l'aria venga spinta fuori il più rapidamente possibile, occorre evitare tratti di tubazione orizzontali e, quindi, in presenza di terreni pianeggianti, il profilo longitudinale della tubazione viene fatto a denti di sega con tratti in salita nel senso del moto con una pendenza minima dello 0,2%-0,3% e tratti in discesa con una pendenza del 2%-3%; nei vertici più alti del profilo si collocano gli sfiati e in quelli più bassi gli scarichi, congegni che consentono lo svuotamento dei due tratti adiacenti di tubazione.

È opportuno sottolineare che l'efficacia di uno sfiato è tanto maggiore quanto più elevata è la pressione nei punti di installazione. Lo sfiato, che serve ad espellere l'aria che si libera dall'acqua e che tende ad accumularsi nei punti più alti del profilo della tubazione, può essere o libero o in pressione.

Gli sfiati liberi più semplici sono formati da un tubo verticale di piccolo diametro (tubo piezometrico), con l'estremità inferiore.

collegata alla condotta in pressione e l'estremità superiore libera per far fuoriuscire l'aria.

Lo sfiato a sifone è un altro tipo di sfiato libero; è formato da tronchi verticali di tubo di piccolo diametro, lunghi 1,00-1,50 m e collegati tra loro alle estremità superiori e inferiori

da curve a 180°. Il primo tronco è collegato con la condotta in pressione e l'estremità dell'ultimo è a contatto con l'atmosfera.

Gli sfiati in pressione sono formati da un galleggiante sferico racchiuso in una cassa metallica che, in base alla differente posizione di equilibrio, apre o chiude una piccola luce di comunicazione con l'esterno. La cassa è collegata alla condotta in pressione da una saracinesca di intercettazione per rendere agevole lo smontaggio dell'apparecchio in caso di necessità.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della tenuta

Gli sfiati devono garantire la tenuta ad una pressione d'acqua interna uguale al maggiore dei due valori: la pressione di prova ammissibile (PPA) o 1,5 volte la pressione di esercizio ammissibile (PEA).

Prestazioni:

Per verificare questo requisito una valvola finita viene sottoposta a prova con pressione d'acqua secondo quanto indicato dalla norma UNI EN 1074 o ad una prova con pressione d'aria a 6 bar.

Livello minimo della prestazione:

Al termine della prova non deve esserci alcuna perdita rilevabile visibilmente.

2) Resistenza alla corrosione

Gli sfiati devono essere realizzati con materiali in grado di resistere a fenomeni di corrosione.

Prestazioni:

Le varie parti che costituiscono gli sfiati devono essere in grado di resistere ad eventuali fenomeni di corrosione che dovessero verificarsi durante il funzionamento.

Livello minimo della prestazione:

Devono essere rispettati i valori minimi indicati dalle norme

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- Difetti di funzionamento della cerniera che provoca malfunzionamenti alla valvola
- Difetti di funzionamento dei dispositivi di leverismo del galleggiante
- Rotture o malfunzionamenti del galleggiante
- Difetti di funzionamento delle molle che regolano le valvole
- Difetti di tenuta della valvola che consentono il passaggio di fluido o di impurità.

Controlli eseguibili da personale specializzato

I controlli che devono essere eseguiti periodicamente sono:

- Eseguire un controllo generale delle valvole verificando il buon funzionamento delle guarnizioni, delle cerniere e delle molle (ogni 6 mesi)
- Verifica del corretto funzionamento del galleggiante. Controllare che i dispositivi di leverismo siano ben funzionanti (ogni 6 mesi)

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Quando occorre è necessario che un tecnico specializzato esegua la sostituzione degli sfiati se li ritiene usurati.

5.2.13 Valvole a farfalla

Per consentire l'interruzione sia parziale sia completa del flusso e per regolare la pressione di esercizio vengono installate, lungo le tubazioni dell'acquedotto, delle valvole dette appunto di intercettazione e di regolazione. Le valvole a farfalla sono costituite da un disco circolare (realizzato in ghisa o in acciaio) e di diametro uguale a quello della tubazione su cui viene installato. Il disco circolare viene fatto ruotare su un asse in modo da poter parzializzare o ostruire completamente la sezione del tubo.

Gli sforzi richiesti per l'azionamento sono così modesti che le valvole possono essere azionate facilmente anche a mano.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della tenuta

Le valvole devono garantire la tenuta ad una pressione d'acqua interna uguale al maggiore dei due valori: la pressione di prova ammissibile (PPA) o 1,5 volte la pressione di esercizio ammissibile (PEA).

Prestazioni:

Le valvole ed i relativi accessori oltre a garantire la tenuta alla pressione interna devono garantire la tenuta all'entrata dall'esterno di aria, acqua e ogni corpo estraneo.

Livello minimo della prestazione:

Per verificare questo requisito una valvola (montata in opera) viene sottoposta a prova con pressione d'acqua secondo quanto indicato dalla norma UNI EN 1074 o ad una prova con pressione d'aria a 6 bar. Al termine della prova non deve esserci alcuna perdita rilevabile visibilmente.

2) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

Le valvole devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo.

Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, le valvole ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche funzionali assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

Il diametro del volantino e la pressione massima differenziale (alla quale può essere manovrata la valvola a saracinesca senza by-pass) sono quelli indicati nel punto 5.1 della norma UNI EN 1074.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- Difetti di funzionamento del volantino di manovra dovuti a mancanza di lubrificante (oli, grassi, ecc.)
- Difetti di tenuta delle guarnizioni del premistoppa o della camera a stoppa che provocano perdite di fluido

Controlli eseguibili da personale specializzato

Un tecnico specializzato è tenuto a verificare ogni 6 mesi la funzionalità del volantino effettuando una serie di manovre di apertura e chiusura.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Quando occorre è necessario che un tecnico specializzato esegua una disincrostazione del volantino con prodotti sgrassanti per ripristinare la funzionalità del volantino stesso.

Inoltre è tenuto a sostituire le valvole qualora si deteriorassero.

5.2.14 Valvole a galleggiante

Sono inserite a monte dei serbatoi, delle vasche di carico, ecc. per impedire l'afflusso del liquido quando questi ultimi sono già pieni evitando, così, sprechi d'acqua. Il flusso viene interrotto attraverso un galleggiante a corsa regolabile che, per mezzo di una leva, attiva un pistone; sia la chiusura che l'apertura della valvola sono graduati.

Requisiti e prestazioni

1) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

Le valvole antiritorno devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo. Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, le valvole ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare

inalterate le caratteristiche funzionali assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

Il diametro del volantino e la pressione massima differenziale (alla quale può essere manovrata la valvola a saracinesca senza

by-pass) sono quelli indicati nel punto 5.1 della norma UNI EN 1074.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie di funzionamento riscontrabili sono:

- Difetti di funzionamento della cerniera che provoca malfunzionamenti alla valvola
- Difetti di funzionamento delle molle che regolano le valvole.
- Rotture o malfunzionamenti del galleggiante.
- Difetti di funzionamento dei dispositivi di leverismo del galleggiante.

Controlli eseguibili da personale specializzato

Ogni 6 mesi è necessario che un tecnico specializzato esegua le seguenti verifiche:

- Eseguire un controllo generale delle valvole verificando il buon funzionamento delle guarnizioni, delle cerniere e delle molle
- Verifica del corretto funzionamento del galleggiante. Controllare che i dispositivi di leverismo siano ben funzionanti.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Effettuare lo smontaggio della valvole ed eseguire una lubrificazione delle cerniere e delle molle che regolano le valvole ed il galleggiante.

5.2.15 Valvole a saracinesca (saracinesche)

Per consentire l'interruzione sia parziale sia completa del flusso e per regolare la pressione di esercizio vengono installate, lungo le tubazioni dell'acquedotto, delle valvole dette appunto di intercettazione e di regolazione. Fanno parte di questa categoria le valvole a saracinesca che sono più comunemente chiamate saracinesche. Sono realizzate in ghisa o in acciaio e sono dotate di un apparato otturatore movimentato da un albero a vite. Possono essere del tipo a corpo piatto, ovale e cilindrico.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della tenuta

Le valvole devono garantire la tenuta ad una pressione d'acqua interna uguale al maggiore dei due valori: la pressione di prova ammissibile (PPA) o 1,5 volte la pressione di esercizio ammissibile (PEA).

Prestazioni:

Le valvole ed i relativi accessori oltre a garantire la tenuta alla pressione interna devono garantire la tenuta all'entrata dall'esterno di aria, acqua e ogni corpo estraneo.

Livello minimo della prestazione:

Per verificare questo requisito una valvola (montata in opera) viene sottoposta a prova con pressione d'acqua secondo quanto indicato dalla norma UNI EN 1074 o ad una prova con pressione d'aria a 6 bar. Al termine della prova non deve esserci alcuna perdita rilevabile visibilmente.

2) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

Le valvole a saracinesca devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo.

Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, le valvole ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche funzionali assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

Il diametro del volantino e la pressione massima differenziale (alla quale può essere manovrata la valvola a saracinesca senza by-pass) sono quelli indicati nel punto 5.1 della norma UNI EN 1074.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie riscontrabili durante il funzionamento possono essere:

- 1) Difetti di serraggio dei bulloni della camera a stoppa o dei bulloni del premistoppa che causano perdite di pressione del fluido
- 2) Difetti di tenuta delle guarnizioni del premistoppa o della camera a stoppa che provocano perdite di fluido
- 3) Difetti di funzionamento del volantino di manovra dovuti a mancanza di lubrificante (oli, grassi, ecc.)
- 4) Depositi di materiale di varia natura (polveri, grassi, terreno) che provoca malfunzionamenti degli organi di manovra delle saracinesche

Controlli eseguibili da personale specializzato

Ogni 6 mesi è necessario che un tecnico specializzato esegua le seguenti verifiche:

- Effettuare una verifica della funzionalità del premistoppa accertando la tenuta delle guarnizioni. Eseguire una registrazione dei bulloni di serraggio del premistoppa e della camera a stoppa
- Verificare la funzionalità del volantino effettuando una serie di manovre di apertura e chiusura

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Ogni 6 mesi è necessario che un operaio specializzato:

- esegua una disincrostazione del volantino con prodotti sgrassanti per ripristinare la funzionalità del volantino stesso
- eseguire una registrazione del premistoppa serrando i dadi e le guarnizioni per evitare fuoriuscite di fluido
- Effettui la sostituzione delle valvole quando deteriorate con valvole dello stesso tipo ed idonee alle pressioni previste per il funzionamento

5.2.16 Valvole antiritorno

Le valvole antiritorno (dette anche di ritegno o unidirezionali) sono delle valvole che consentono il deflusso in un solo senso; nel caso in cui il flusso dovesse invertirsi le valvole si chiudono automaticamente. Esistono vari tipi di valvole: "a clapet", "a molla", "Venturi" o di tipo verticale (per tubazioni in cui il flusso è diretto verso l'alto).

Requisiti e prestazioni

1) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

Le valvole antiritorno devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo.

Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, le valvole ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche funzionali assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

Il diametro del volantino e la pressione massima differenziale (alla quale può essere manovrata la valvola a saracinesca senza by-pass) sono quelli indicati nel punto 5.1 della norma UNI EN 1074.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie riscontrabili durante il funzionamento possono essere:

- Difetti di funzionamento della cerniera che provoca malfunzionamenti alla valvola
- Difetti di tenuta delle guarnizioni che provocano perdite di fluido.
- Difetti di funzionamento delle molle che regolano le valvole.

Controlli eseguibili da personale specializzato

È sufficiente eseguire un controllo generale delle valvole verificando il buon funzionamento delle guarnizioni, delle cerniere e delle molle.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Le manutenzioni che un tecnico specializzato deve eseguire sono:

- Effettuare lo smontaggio delle valvole ed eseguire una lubrificazione delle cerniere e delle molle che regolano le valvole (ogni 5 anni)
- Sostituire le valvole quando non più rispondenti alle normative (ogni 30 anni)

5.2.17 Valvole di fondo

È una valvola di non ritorno che si installa nella parte più bassa del tubo di aspirazione delle pompe per evitarne lo svuotamento dopo l'arresto della pompa. La valvola di fondo è sempre fornita di sugheruola per evitare che sostanze solide di dimensioni maggiori possano essere aspirate e introdursi nel corpo della pompa.

Requisiti e prestazioni

1) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

Le valvole antiritorno devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo.

Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, le valvole ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche funzionali assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

Il diametro del volantino e la pressione massima differenziale (alla quale può essere manovrata la valvola a saracinesca senza by-pass) sono quelli indicati nel punto 5.1 della norma UNI EN 1074

Anomalie riscontrabili

Le anomalie che potrebbero essere riscontrate durante il funzionamento sono:

- 1) Difetti di funzionamento della cerniera che provoca malfunzionamenti alla valvola
- 2) Difetti di funzionamento della sugheruola che provoca passaggio di impurità
Difetti di tenuta della valvola o della sugheruola che consentono il passaggio di fluido o di impurità
- 3) sando il blocco della pompa
- 4) Difetti di funzionamento delle molle che regolano le valvole

Controlli eseguibili da personale specializzato

Un tecnico specializzato è tenuto ad eseguire i seguenti controlli periodicamente:

- Eseguire un controllo generale delle valvole verificando il buon funzionamento delle guarnizioni, delle cerniere e delle molle
- Verificare il corretto funzionamento dei filtri (sugheruola) delle valvole di fondo.

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Le manutenzioni che un tecnico specializzato deve eseguire sono:

- Effettuare lo smontaggio delle valvole ed eseguire una lubrificazione delle cerniere e delle molle che regolano le valvole (ogni 5 anni)
- Effettuare la pulizia dei filtri delle valvole di fondo (ogni 6 mesi)
- Sostituire le valvole quando non più rispondenti alle normative (ogni 30 anni)

5.2.18 Valvole riduttrici di pressione

Per l'esigenza di dover ridurre la pressione durante l'esercizio nelle condotte adduttrici degli acquedotti si utilizzano le valvole riduttrici di pressione che danno luogo a perdite di carico localizzate. Le valvole riduttrici possono dissipare fino a 50 m di carico, ma anche quando sarebbe sufficiente installarne solo una è buona norma installarne più di una in modo che la

tubazione sia sottoposta durante l'esercizio a pressioni minori. A seconda delle differenti caratteristiche delle valvole ci può essere o meno necessità di una loro regolazione al variare della portata defluente e del grado di scabrezza della tubazione che aumenta man mano durante l'esercizio. Le valvole riduttrici possono essere dei tipi descritti di seguito.

Valvola riduttrice di pressione a stella: è formata da due dischi con luci a stella, uno dei dischi è fisso, l'altro si muove intorno al suo centro. Se si regola la posizione del disco mobile rispetto a quello fisso muta l'apertura delle luci e, quindi, varia la perdita di carico dovuta al passaggio della corrente attraverso la valvola. Le luci hanno un'ampiezza e una forma tale da impedire una completa chiusura della valvola a causa di una manovra errata e scongiurare, quindi, il rischio che la pressione a monte superi un dato limite. Il dispositivo si installa tra due tratti a forma di tronco di cono e la posizione reciproca dei due dischi si può regolare inserendo i dischi stessi all'interno di una bocca di introduzione. Questa valvola dissipa il carico a seconda della portata e per questo ha bisogno di essere regolata al variare della portata.

Valvola riduttrice di pressione a molla: le valvole riduttrici di pressione più moderne hanno un restringimento della sezione in basso la cui apertura è regolata da un sistema a molle. L'organo di strozzamento è formato da un otturatore equilibrato a doppia sede, collegato rigidamente a una membrana metallica sulla cui superficie inferiore agisce la pressione del fluido che si ha a valle della valvola, mentre sulla superficie opposta agisce lo sforzo esercitato dalle molle. La pressione del fluido tende a chiudere la strozzatura, lo sforzo esercitato dalle molle tende ad aprirla, l'equilibrio si raggiunge con una data pressione a valle per cui le valvole riduttrici consentono di ridurre la pressione a monte. La valvola è dotata di una certa autoregolazione tuttavia, non consente di ottenere una pressione ridotta sufficientemente costante al variare sia della pressione a monte che della portata defluente.

Requisiti e prestazioni

1) Attitudine al controllo della tenuta

Le valvole devono garantire la tenuta ad una pressione d'acqua interna uguale al maggiore dei due valori: la pressione di prova ammissibile (PPA) o 1,5 volte la pressione di esercizio ammissibile (PEA).

Prestazioni:

Le valvole ed i relativi accessori oltre a garantire la tenuta alla pressione interna devono garantire la tenuta all'entrata dall'esterno di aria, acqua e ogni corpo estraneo.

Livello minimo della prestazione:

Per verificare questo requisito una valvola (montata in opera) viene sottoposta a prova con pressione d'acqua secondo quanto indicato dalla norma UNI EN 1074 o ad una prova con pressione d'aria a 6 bar. Al termine della prova non deve esserci alcuna perdita rilevabile visibilmente.

2) Resistenza a manovre e sforzi d'uso

Le valvole devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture in seguito ad operazioni di manovra o di utilizzo.

Prestazioni:

Sotto l'azione di sollecitazioni derivanti da manovre e sforzi d'uso, le valvole ed i relativi dispositivi di tenuta devono conservare inalterate le caratteristiche funzionali assicurando comunque i livelli prestazionali di specifica.

Livello minimo della prestazione:

Il diametro del volantino e la pressione massima differenziale (alla quale può essere manovrata la valvola a saracinesca senza by-pass) sono quelli indicati nel punto 5.1 della norma UNI EN 1074.

Anomalie riscontrabili

Le anomalie riscontrabili durante il funzionamento possono essere:

- Difetti di funzionamento delle molle che regolano le valvole.
- Difetti di funzionamento del volantino di manovra dovuti a mancanza di sostanza lubrificante (oli, grassi, ecc.).

- Difetti di tenuta delle guarnizioni del premistoppa o della camera a stoppa che provocano perdite di fluido
- Difetti di funzionamento del raccoglitore di impurità dovuti ad accumuli di materiale trasportato dalla corrente del fluido.
- Difetti di funzionamento della valvola dovuti ad accumulo di materiale di risulta trasportato dal fluido e non intercettato dal raccoglitore di impurità.

Controlli eseguibili da personale specializzato

Un tecnico specializzato è tenuto ad eseguire i seguenti controlli periodicamente:

- 1) Eseguire un controllo generale delle valvole verificando il buon funzionamento delle guarnizioni, delle cerniere e delle molle (ogni anno)
- 2) Verificare il livello delle impurità accumulate (ogni 6 mesi)

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

Le manutenzioni che un tecnico specializzato deve eseguire sono:

- 1) Effettuare lo smontaggio delle valvole ed eseguire una lubrificazione delle cerniere e delle molle che regolano le valvole (ogni 5 anni)
- 2) Svuotare il raccoglitore dalle impurità trasportate dalla corrente per evitare problemi di strozzatura della valvola (ogni 6 mesi)
- 3) Sostituire le valvole quando non più rispondenti alle normative (ogni 30 anni)

