

Capitolo 5 - Strategie e politiche manutentive

Questo capitolo vuole fornire alcune indicazioni sulle varie tipologie manutentive attualmente usate in ambito industriale, inserite all'interno di un contesto in cui politica e strategia organizzativa rappresentano i fattori "leganti" del servizio.

Sezioni:

5.1 - La strategia della manutenzione

5.2 - Le politiche manutentive

5.3 - La manutenzione correttiva

5.4 - La manutenzione preventiva

5.5 - Manutenzione su condizione

5.6 - La manutenzione predittiva

5.7 - La manutenzione produttiva: Total Productive Maintenance (TPM)

5.8 - La pianificazione degli interventi

5.9 - Conclusioni

5.1 - La strategia della manutenzione

Un guasto è un fenomeno che, come riportato nella norma UNI 9910, consiste *nella cessazione dell'attitudine di una entità a eseguire la funzione richiesta.*

La manutenzione delle macchine ha due scopi principali:

- *riparare i guasti*
- *impedire la loro insorgenza*

La manutenzione preventiva riguarda quest'ultimo aspetto, mentre la manutenzione correttiva provvede alla riparazione di guasti già in atto. Per entrambe l'obiettivo da perseguire è ridurre l'indisponibilità accidentale o sistematica che si manifesta quando gli apparati sono soggetti, durante la produzione, a usura, a fatica, a corrosione e in generale quando i meccanismi invecchiano e si degradano. Si vuole mettere in evidenza l'importanza dell'efficienza e della buona organizzazione di un servizio manutentivo nel contesto produttivo, in particolare laddove la linea sia satura (elevati volumi), oppure sia richiesto un elevato livello qualitativo di prodotto e di processo, oppure quando sussistano entrambe queste esigenze.

Per raggiungere l'obiettivo è necessaria una dettagliata documentazione storico-informativa che permetta una adeguata analisi dei dati riguardanti la disponibilità degli apparati, nonché i costi e l'efficienza del personale preposto a mantenere e migliorare la performance delle macchine.

Uno degli approcci più interessanti al problema del degrado degli impianti e alla loro conseguente assistenza, sembra essere la teoria che si basa sulla curva di mortalità a "vasca da bagno".

Si può definire *guasto istantaneo* quell'evento che non è prevedibile a priori ma che si manifesta improvvisamente, spesso interrompendo in modo totale il funzionamento della macchina; l'anomalia si verifica di norma quando la sollecitazione, comunque intesa, supera la resistenza del componente su cui è applicata.

Quando la macchina viene installata e nel primo periodo della vita utile, è possibile che il tasso di guasto istantaneo sia elevato. Questo fatto è causato principalmente dalle caratteristiche dei componenti che, nuovi, necessitano di un "rodaggio" che da problemi di montaggio e regolazione iniziale. Ci si trova quindi in una prima zona della curva che presenta un tasso di guasto istantaneo decrescente con una velocità proporzionale alla capacità della macchina di "assestarsi" e degli operatori di imparare ad usarla correttamente.

Raggiunta una fase di funzionamento stabile, questa si protrae generalmente per un lungo periodo, nel quale compaiono dei guasti dovuti principalmente al degrado per normale utilizzo dei componenti (guasti fisiologici). Questo è il periodo della vita utile, in cui il tasso di guasto è costante e la macchina funziona alla capacità nominale per la quale è stata progettata e costruita.

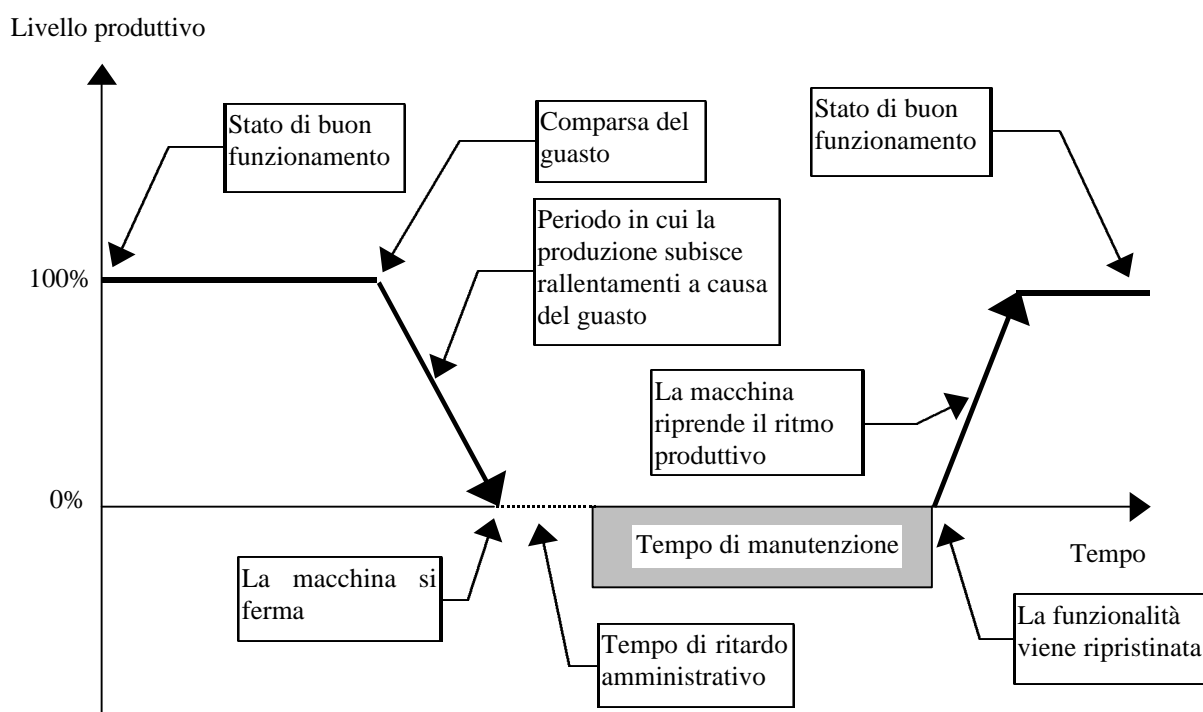
Quando infine i componenti invecchiano, viene meno la capacità di svolgere le funzioni richieste e si manifestano dei cedimenti. Ci si trova a questo punto nella zona di "usura", caratterizzata da un tasso di guasto crescente nel tempo con una pendenza che è funzione sia dello stato della macchina che dell'utilizzo che ne viene fatto.

La manutenzione deve lavorare affinché il tasso di guasto istantaneo rimanga il più costante possibile nel ciclo di vita dell'apparato, cioè che quest'ultimo si collochi operativamente nella zona di mortalità standard (vita utile) e affinché tale tasso sia il più basso possibile.

5.2 - I tempi della manutenzione

La comparsa del guasto causa generalmente un decadimento delle prestazioni che può essere tanto istantaneo e totale, quanto parziale e dilazionato nel tempo. Tra il manifestarsi dell'anomalia e l'intervento della manutenzione per la riparazione spesso trascorre un lasso di tempo, detto "ritardo amministrativo", dovuto principalmente al fatto che i manutentori devono venire a conoscenza della tipologia di guasto e quindi attrezzarsi di conseguenza.

La norma UNI 9910 riporta i diagrammi relativi ai tempi della manutenzione, dei quali si cercherà qui di dare una interpretazione semplificata.



Come si può notare nel grafico qualitativo, dal momento della comparsa del guasto fino al successivo raggiungimento del livello di buon funzionamento è possibile individuare una serie di tempi relativi alla riparazione:

- un intervallo di tempo in cui il sistema continua ad operare dando luogo a processi rallentati o errati e in cui l'origine del malfunzionamento non è evidente. In questo intervallo di tempo l'operatore rileva la presenza di un guasto e lo segnala alla manutenzione
- un ritardo di attesa della manutenzione dovuto sia a fenomeni amministrativi di inoltro della richiesta che di disponibilità e di preparazione dei manutentori alla

specifica tipologia di intervento. È possibile infatti che al momento del guasto nessun manutentore sia libero per intervenire

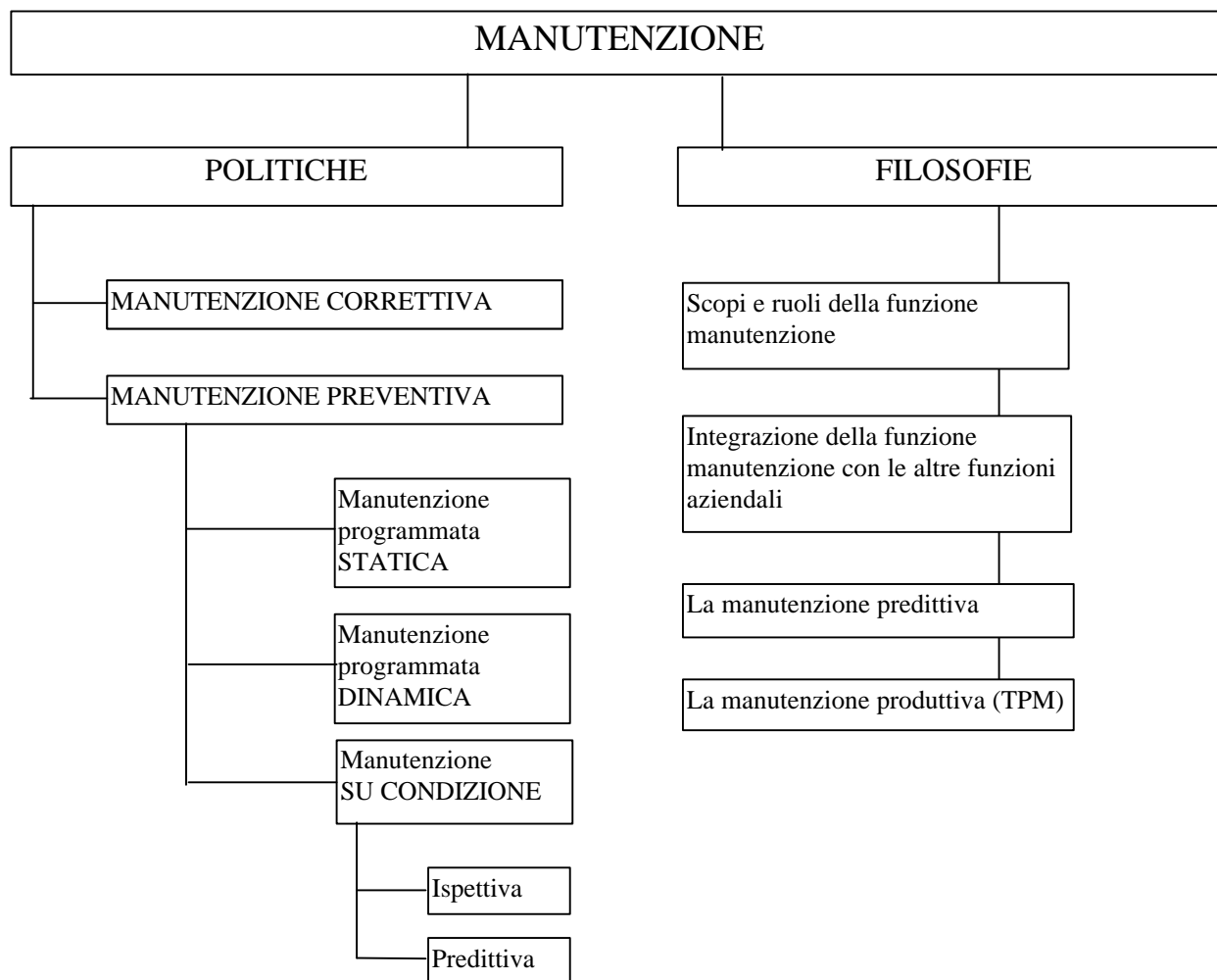
- un tempo di ricerca e di rilevazione dell'anomalia da parte del tecnico incaricato (diagnostica)
- un tempo di approvvigionamento dei ricambi e del necessario materiale di consumo
- un tempo di effettiva riparazione
- un tempo di controllo della funzionalità e di testing della macchina

Il tempo di indisponibilità della macchina sarà quindi dato dalla somma dei tempi sopra esposti; alcune quantità dipenderanno dalle capacità del servizio manutentivo, altre da fattori esterni quali i turni lavorativi, i rallentamenti burocratici o la mancanza di ricambi a magazzino. Una corretta suddivisione e il controllo di questi tempi può permettere al gestore del servizio di intervenire in modo mirato su quegli aspetti che maggiormente possono contribuire ad aumentare l'efficacia degli interventi e quindi a minimizzare l'indisponibilità della macchina.

5.2 - Le politiche manutentive

Una politica manutentiva nasce dalla realizzazione pratica di una filosofia, interpretabile come un pensiero organizzativo. La manutenzione nasce inizialmente dall'esigenza di riparare le macchine guaste per allungare la loro vita utile produttiva e i suoi ruoli aziendali vengono fissati e limitati da questa esigenza. Si sviluppa quindi all'inizio una politica manutentiva (correttiva) semplice, la quale si basa sull'attesa che compaia un guasto e sul successivo intervento dei tecnici per la riparazione e il ripristino della funzionalità originale.

Altre filosofie, più recenti, hanno favorito il nascere di diverse politiche di manutenzione. La necessità di integrare più profondamente la manutenzione nella realtà aziendale ha portato allo sviluppo di una politica di prevenzione del guasto e di quelle tecniche particolari ne che fanno capo.



In tempi più recenti si sono sviluppati approcci predittivi e produttivi della manutenzione i quali, attraverso una maggiore integrazione del servizio nella realtà aziendale hanno promosso un processo la cui tendenza è quella di ridurre gli addetti di manutenzione a favore di un maggiore addestramento alla riparazione degli operatori diretti di produzione. Il manutentore vero e proprio diventa quindi una risorsa alla quale la produzione attinge solo per compiti estremamente specialistici in cui sono richieste professionalità e competenze più elevate.

Si vedranno in seguito quali sono le caratteristiche peculiari della varie politiche adottate a livello industriale in un'ottica in cui le politiche operative non sono però nettamente separate tra loro. I confini applicativi che le dividono sono infatti dettati più dalla situazione oggettiva in cui vengono applicate che dalla diversa terminologia che le contraddistingue.

5.3 - La manutenzione correttiva

La norma UNI 9910 definisce la manutenzione correttiva come *la manutenzione eseguita a seguito di una avaria e volta a riportare un'entità nello stato in cui essa possa eseguire la funzione richiesta.*

Questo modo di affrontare il problema prevede di lasciare la macchina in esercizio fintanto che il manifestarsi o il progredire di una anomalia costringe il gestore a fermare la macchina. La strategia, chiamata di *manutenzione correttiva* (o secondo altri autori, di *esercizio fino alla rottura*) presenta degli aspetti contrastanti.

Il fattore positivo è un costo di manutenzione e di fermo macchina pressoché nullo fintanto che la macchina funziona. I fattori negativi possono invece essere sintetizzati in:

- elevata perdita di ricavi dovuti al fermo macchina per guasto
- imprevedibilità dell'intervento e quindi delle eventuali operazioni di deviazione del flusso produttivo in corso
- generalmente elevati costi di riparazione. Un guasto ad un componente che si protrae per molto tempo può danneggiare altri componenti della macchina

Una strategia correttiva, che rappresenta l'approccio più tradizionale della manutenzione, conserva una sua validità qualora le tipologie di guasto siano facilmente riparabili in un contesto produttivo in cui il fermo macchina non comporta gravi danni al ciclo produttivo generale. È il caso di avarie a macchine singole ma duplicate, il cui ruolo nel ciclo produttivo può facilmente essere ricoperto da un'altra unità.

Il suo utilizzo presenta dei vantaggi qualora la comparsa della tipologia di guasto a cui è applicata sia scarsamente prevedibile. Una manutenzione sistematica, come si vedrà in seguito, si basa sulla prevedibilità di accadimento del guasto, come nel caso di mancanza o deterioramento dell'olio lubrificante di un'automobile. Prevedere invece la rottura di un alternatore è più difficile e d'altra parte sostituirlo quando è ancora in buone condizioni potrebbe rivelarsi troppo dispendioso.

5.4 - La manutenzione preventiva

La manutenzione preventiva è definita come *la manutenzione eseguita a intervalli predeterminati o in accordo a criteri prescritti e volta a ridurre le probabilità di guasto o la degradazione del funzionamento di un'entità* (norma UNI 9910).

La politica preventiva si basa quindi sulla sostituzione programmata di un determinato componente della macchina ancora perfettamente funzionante, con uno nuovo, in modo tale da prevenirne il cedimento incontrollato. La programmabilità dell'intervento consente una maggiore organizzazione del lavoro di manutenzione e garantisce la possibilità di gestire la fermata della macchina nella maniera più conveniente.

All'interno della manutenzione preventiva, in base alle modalità di determinazione degli intervalli di tempo predeterminati e alla definizione dei criteri prescritti, si possono distinguere almeno tre tecniche manutentive:

- la manutenzione programmata *statica*
- la manutenzione programmata *dinamica*
- la manutenzione su condizione

Nella programmata *statica* gli intervalli e i criteri prescritti di intervento sono generalmente fissati per tutta la vita utile del componente o della macchina. Un esempio pratico può essere la sostituzione delle candele di un'automobile la cui cadenza chilometrica è specificata dal costruttore ed è da ritenersi valida per tutta la vita dell'automobile.

Nella manutenzione programmata *dinamica* gli intervalli sostitutivi sono determinati in genere in base alla storia della macchina stessa. La rilevazione dell' MTBF, tempo medio tra due guasti, che spesso è funzione delle modalità con cui la macchina viene utilizzata, consente di redigere dei calendari di intervento preventivo basati su una determinata probabilità che il guasto non si manifesti nell'arco di tempo che intercorre tra due sostituzioni successive.

Appare qui chiaro che la manutenzione preventiva-programmata, per quanto finora visto, è efficace sia in termini economici che di riduzione della indisponibilità della macchina quando il guasto presenta una certa regolarità di accadimento.

Tuttavia, come già visto nel caso dell'alternatore, ad un guasto che sia difficile da prevedere non è conveniente applicare tecniche di manutenzione programmata in

quanto si rischia realmente di sostituire un componente la cui vita utile è tutt'altro che terminata.

5.5 - La manutenzione su condizione

Sempre in ambito automobilistico, adottare una politica di sostituzione programmata per le pastiglie dei freni non è conveniente e tantomeno lo è, sotto il profilo della sicurezza, una politica correttiva. La soluzione generalmente adottata è quella di constatarne le condizioni di usura e prendere la decisione se cambiarle o meno: si fa quindi una manutenzione "su condizione".

I programmi manutentivi si traducono spesso in regolari interventi di smontaggio, sostituzione e rimontaggio dei componenti. Revisioni non necessarie di macchine, intese a prevenire guasti futuri, possono talvolta provocare guasti indotti e un danno economico maggiore rispetto al permettere che la macchina funzioni fino a rottura.

La strategia di monitoraggio della condizione, effettuata mediante verifiche ispettive periodiche, tende quindi ad individuare lo stato di un componente che potenzialmente potrebbero provocare il guasto.

In un'ottica di manutenzione sempre più integrata e allo scopo di distanziare ulteriormente i periodi tra due grandi revisioni, il piano di ispezioni sullo stato di una macchina o di un suo determinato componente è spesso vantaggiosamente correlato ad un programma di manutenzione programmata (dinamica) ma spesso necessita anche di un elevato grado di addestramento da parte del personale esecutore nel riconoscimento dell'anomalia.

Una manutenzione basata sul monitoraggio può consentire quindi di:

- ridurre i costi di manutenzione
- aumentare la disponibilità operativa delle macchine
- migliorare la sicurezza
- ridurre la quantità e la gravità dei guasti in esercizio

Secondo S. Bordin, i sistemi generalmente adottati per il monitoraggio in ambiente industriale possono essere distinti in:

- *sistemi continui*, nei quali i dati relativi a svariati parametri di funzionamento, che potrebbero convogliare segnali deboli premonitori di guasto della macchina

(temperatura, stato di usura, assorbimento elettrico, ecc.), vengono acquisiti a intervalli regolari e piuttosto brevi. Questi sistemi sono costosi ma offrono il più alto grado di copertura nei confronti del guasto

- *sistemi di sorveglianza*, nei quali i dati sono rilevati a intervalli di tempo più lunghi
- *sistemi di acquisizione distribuiti*, nei quali i dati sono forniti da strumenti e apparecchiature portatili posizionati in punti di misura definiti a priori
- *sistemi di acquisizione manuali*, in cui i dati vengono manualmente raccolti dagli operatori durante percorsi (routes) pianificati attraverso il parco macchine senza coinvolgere strumenti posizionati in modo stabile sulla macchina

Il monitoraggio delle condizioni può essere definito come un metodo che indica lo stato di "salute" della macchina utilizzando parametri che evidenziano i cambiamenti avvenuti nel tempo nella macchina stessa. I criteri principali utilizzati sono:

1. analisi acustica
2. analisi di temperatura
3. analisi dei meati dei fluidi interni (lubrificanti, refrigeranti, ecc.)
4. analisi dei parametri di processo quali ad esempio il rispetto delle tolleranze di lavorazione, le velocità di movimento, ecc.)
5. analisi di corrosione
6. analisi di vibrazione dinamica (su cuscinetti, ecc.)
7. termografia (puntiforme o distribuita)

La manutenzione preventiva, di cui fanno parte la programmata e la manutenzione su condizione, svolge quindi un ruolo determinante nel contenere il tasso di guasto. I componenti vengono ispezionati e/o revisionati prima che avvenga il cedimento, pertanto il tasso di guasto tende a scendere sotto a quello ottenibile con la manutenzione correttiva attestandosi teoricamente ai livelli standard.

La strategia della manutenzione adottata per un determinato sistema identifica quindi il tipo e le modalità del servizio applicato. Il bilancio finale va fatto tra:

1. la spesa per sostenere la manutenzione, sia sotto il profilo dei materiali che della mancata produzione derivante dai fermi macchina per revisione

2. il guadagno economico in termini di disponibilità e quindi di produzione che ne deriva.

5.6 - La manutenzione predittiva

La manutenzione predittiva si basa sulla possibilità di riconoscere la presenza di una anomalia in stato di avanzamento attraverso la scoperta e l'interpretazione di segnali deboli premonitori del guasto finale.

Il segnale, quando riconosciuto, entra poi a far parte di quei fattori che possono essere monitorati attraverso ispezioni continue o periodiche e quindi nella sfera di influenza della manutenzione preventiva (su condizione o programmata).

Contrariamente alla preventiva (in particolare alla manutenzione su condizione) l'idea di base della predittiva si fonda su un controllo dello stato delle apparecchiature tale da non interrompere il loro normale funzionamento ma da segnalarne anticipatamente ed in modo continuo il progressivo degrado.

Lo scopo della manutenzione predittiva è quello di minimizzare, attraverso lo sviluppo di metodologie flessibili e affidabili di rilevamento della condizione, il numero di ispezioni o di revisioni che potrebbero a loro volta dare luogo a guasti o deterioramenti. Un esempio potrebbe essere l'identificazione di una legge che correli l'aumento della temperatura di un cuscinetto e la sua vita residua.

5.7 - La manutenzione produttiva: Total Productive Maintenance (TPM)

Una moderna visione dell'organizzazione industriale tende ad identificare la manutenzione non più come una funzione aziendale accessoria alla produzione, ma come una sua parte integrante. In quest'ottica di sempre maggiore integrazione interfunzionale si inseriscono le motivazioni che portano all'approccio della manutenzione produttiva.

I concetti di base della TPM si possono riassumere nei seguenti 3 aspetti:

1. la TPM ha l'obiettivo di ottenere la massima efficienza e quindi affidabilità dell'impianto, al fine di ridurre l'insieme di tutti i costi sostenuti nell'intero ciclo di vita utile stimata dell'impianto
2. è un sistema di mantenimento basato sulla prevenzione durante tutta la vita utile

3. prevede il coinvolgimento operativo di tutto il personale dell'azienda, inteso come Enti interni o risorse umane, dal top manager all'operatore di produzione.

Sostanzialmente la manutenzione produttiva utilizza le tecniche preventive allo scopo di massimizzare la disponibilità dell'impianto al minimo costo, nel corso di tutta la sua vita utile prevedendo la partecipazione attiva di tutto il personale aziendale.

Uno degli assunti fondamentali di questa strategia manutentiva "globale" è che le cause di inaffidabilità delle macchine sono imputabili a errori nella progettazione e nella gestione dell'impianto. Essa punta pertanto ad eliminare alcune cause di guasto che possono essere riassunte in 3 categorie:

1. *errori di progetto*, cioè compiuti in fase di:
 - progetto
 - costruzione
 - installazione
2. *errori di esercizio*:
 - impianti tenuti in cattive condizioni
 - errori in avviamento o conduzione
3. *errori di manutenzione* che possono accadere nella esecuzione degli interventi di ripristino

Come è possibile osservare, si tratta di una metodologia complessa e innovativa le cui linee di azione peculiari sono:

- mantenere l'impianto nelle condizioni ottimali per tutta la sua vita utile attingendo alle risorse già acquisite dalla manutenzione
- gestire globalmente l'impianto in modo da ottenere quanto descritto al punto precedente
- proteggere l'impianto contro il deterioramento normale
- correggere le carenze di progetto
- prevenire gli errori umani attraverso la formazione e la responsabilizzazione delle maestranze

La TPM prevede di raggiungere questi obiettivi attraverso:

- introduzione della *manutenzione autonoma*

- miglioramento delle prestazioni del servizio di manutenzione
- svolgimento di progetti di miglioramento continuo

Benché come è possibile intravedere in quanto appena descritto, la TPM coinvolga settori aziendali diversi e si estenda ben oltre alle attività di riparazione del guasto, l'innovazione deriva soprattutto dall'introduzione della *manutenzione autonoma*. La manutenzione autonoma può essere definita come il complesso delle attività di manutenzione e di conduzione svolte dal *personale di produzione*. Affidabilità e disponibilità vanno quindi interpretate non solo come assenza di guasti ma anche come capacità dell'*impianto* (insieme di uomini e macchine) di fornire le prestazioni ottimali. La manutenzione autonoma ha lo scopo, attraverso la formazione e il coinvolgimento del personale operativo, di realizzare un sistema di gestione globale che consenta:

- il miglioramento delle prestazioni dell'impianto
- il mantenimento di tali prestazioni a livelli ottimali

La materia è complessa e ancora allo studio di molti autori. Le problematiche principali nell'applicazione pratica di queste teorie sono ben evidenti se si considera l'entità dello sforzo di coinvolgimento del personale aziendale a tutti i livelli. Il cambiamento delle abitudini consolidate, peraltro già in essere con l'introduzione delle filosofie preventive e predittive, viene in questo caso ulteriormente amplificato allo scopo di creare la massima integrazione possibile delle risorse tecniche e umane proprie di una impresa industriale.

5.8 - La pianificazione degli interventi

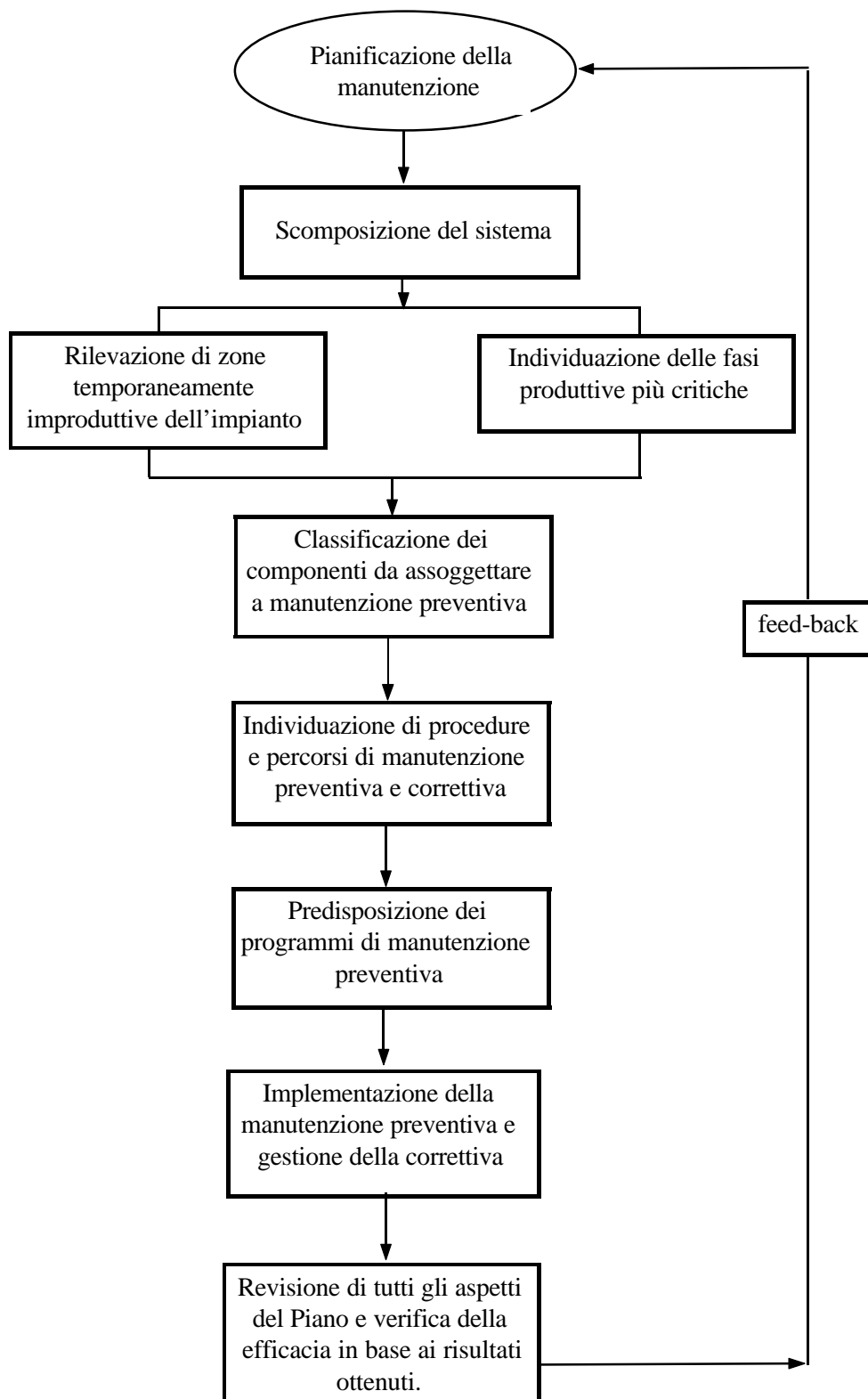
Assicurare e gestire un efficace servizio di manutenzione significa garantire che il sistema operi al meglio delle sue capacità. Il piano di azione deve essere supportato da quegli elementi necessari al buon funzionamento del servizio e in particolare deve individuare gli intervalli e i criteri manutentivi per un costante controllo dello stato

degli apparati e dei loro componenti più critici. Questi criteri devono essere studiati in modo che non risultino né troppo onerosi in termini di tempo e quindi di denaro, né troppo superficiali da risultare inutili. Gli elementi chiave per una buona pianificazione possono essere suddivisi in:

- strategia della manutenzione
- grado richiesto di disponibilità dell'impianto
- funzioni specifiche della manutenzione
- procedure standard
- elementi di supporto e ricambistica
- manualistica

Il controllo e il coordinamento dei vari elementi è in genere di competenza della direzione di stabilimento e lo scopo del programma, oltre a quello già menzionato di incrementare la disponibilità delle macchine, è quello di attribuire dei ruoli formalmente definiti al servizio di manutenzione. Noti gli obiettivi aziendali si possono personalizzare gli interventi in funzione delle esigenze della produzione.

Il diagramma che segue mette in luce alcuni aspetti di pianificazione del servizio che, partendo da una prima stesura, con la suddivisione e l'individuazione di quei settori da assoggettare a diverse politiche manutentive, prevede la predisposizione e l'applicazione di programmi e procedure operative adatte allo scopo. Un aspetto di grande rilevanza consiste nella possibilità (e nella volontà) di procedere con una continua revisione critica del piano stesso in funzione dei risultati conseguiti nell'ottica di migliorare continuamente le prestazioni della manutenzione.



5.9 - Conclusioni

La scelta della politica manutentiva dipende generalmente da *tutti* i fattori che caratterizzano la gestione di un sistema di macchine.

La situazione per cui un impianto rimanga indenne da guasti nel corso di tutta la sua vita utile sembra, al momento, irraggiungibile, tuttavia l'esigenza di ridurre al minimo l'indisponibilità (e i costi) che derivano sia dall'avaria che dall'intervento di riparazione sta spingendo il management verso l'adozione di politiche e tecniche di manutenzione sempre più sofisticate e integrate sia nell'ambito della stessa manutenzione che dell'intera azienda.

Per molte politiche di intervento non esiste, come visto nei capitoli precedenti, una netta distinzione o un limite di competenza se non definiti dalle effettive esigenze d'impianto. Preventiva e predittiva sono tra loro sostanzialmente complementari sotto molti aspetti e la scelta di adottarle e del grado con cui implementarle nel sistema dipende da una corretta analisi della situazione delle macchine e da una attenta valutazione di carattere economico. Allo stato attuale inoltre l'applicazione di una manutenzione preventiva pura non consente di "liberarsi" della componente correttiva, con la quale si deve necessariamente convivere per affrontare quella quota di guasti accidentali, anche gravi, che si manifesta inevitabilmente.

La TPM inoltre, con il suo elevato grado di integrazione aziendale, si basa a livello operativo su tecniche preventive note ma difficilmente può essere applicata in un ambiente di lavoro non ancora culturalmente maturo per capirla e apprezzarne le caratteristiche di efficienza.