

Capitolo 18 - Un caso reale di riorganizzazione del servizio manutenzione. Le politiche di intervento: manutenzione preventiva

La rottura sistematica dei tubi dell'impianto oleodinamico delle macchine ha permesso di sviluppare un programma di intervento basato su criteri di manutenzione preventiva. In questo capitolo si cerca di spiegare come un approccio tradizionale e uno innovativo influiscono su costi da sostenere, sulla disponibilità delle macchine e sull'efficienza dell'intervento.

Sezioni:

18.1 - Il sottogruppo idraulico

18.2 - Caratteristiche tecniche dei componenti interessati

18.3 - Effetti dell'anomalia sulla produzione

18.4 - Approccio tradizionale al problema

18.5 - Analisi economica

18.6 - Approccio innovativo

18.7 - I tubi del sistema di diamantatura della mola

18.8 - Conclusioni

18.1 - Il sottogruppo oleodinamico

Benché principalmente composto da un gruppo motore-pompa-elettrovalvole collocato sul basamento della macchina, il gruppo oleodinamico si estende a tutti gli organi della macchina in movimento con dei tubi flessibili in elastomero blindati. Data l'elevata pressione in gioco, circa 45 bar, ma soprattutto i forti sbalzi della pressione stessa e le continue flessioni-torsioni cui sono sottoposti molti tubi, si ha spesso un loro cedimento improvviso che comporta oltre che la perdita dovuta al tubo e al tempo di sostituzione anche una cospicua fuoriuscita di fluido idraulico che va a mescolarsi in modo inscindibile con il refrigerante. Il costo sostenuto in questa operazione dipende quindi dal tempo impiegato dall'operatore per accorgersi della perdita e dalla entità della perdita stessa.

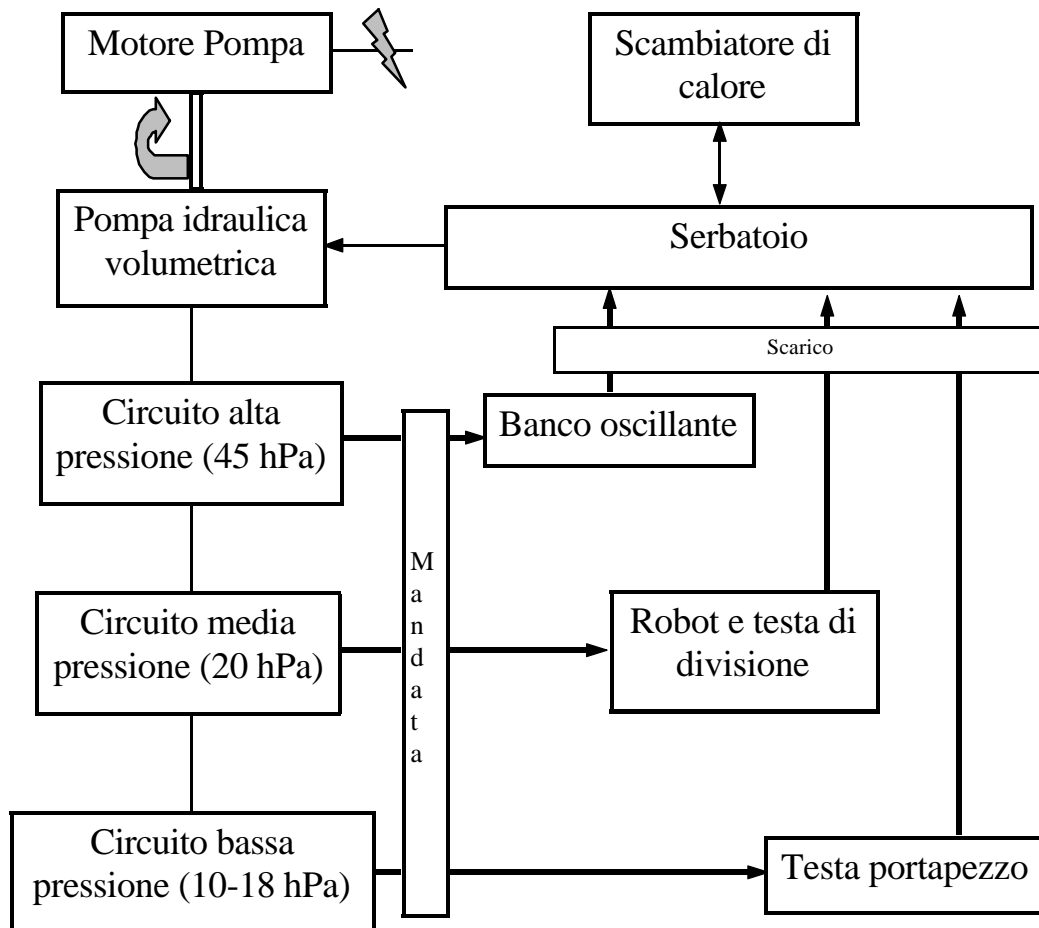
La tabella che segue rappresenta il consumo di olio idraulico a consuntivo 1995 per il gruppo macchine rispetto alla quantità totale di olio acquistato (16.000 litri):

Macchina	Consumo 1995 (litri)	Costo	% consumo su totale olio acquistato
1	1289	3.480.000	8
2	700	1.890.000	4
3	579	1.560.000	4
4	914	2.500.000	6
5	1519	4.100.000	9
Totale	5001	13.500.000	31%

Nel 1993 il gruppo ha consumato circa il 20% di olio in meno rispetto al 1995, mentre nei primi due mesi del 1996 la tendenza mostra una crescita di consumo di circa il 12% rispetto all'anno precedente, il che denota un progressivo deterioramento delle macchine (probabile ingresso nella zona 3 della curva di mortalità).

18.2 - Caratteristiche tecniche dei componenti interessati

Di seguito è rappresentato lo schema qualitativo relativo al sistema idraulico:



I tubi flessibili sono soggetti ad usura per strisciamento sui supporti e sul fondo del piano di lavoro, a flessione ripetuta in prossimità dei raccordi e a torsione-flessione alla base del robot-caricatore. L'elenco di tutti i flessibili della singola affilatrice di testa è la seguente:

Sottogruppo	n° tubi	lunghezza tubi (cm)	DN
Testa porta pezzo	8	95	6
Cilindri basculante	9	95	6
Cilindri basculante	2	150	8
Rotazione bascula	2	70	6
Rotazione bascula	5	100	6
Diamantatore	4	100	6
Diamantatore	2	80	6
Cricchetto diamante	7	120	6
Oscillazione diamante	2	70	6

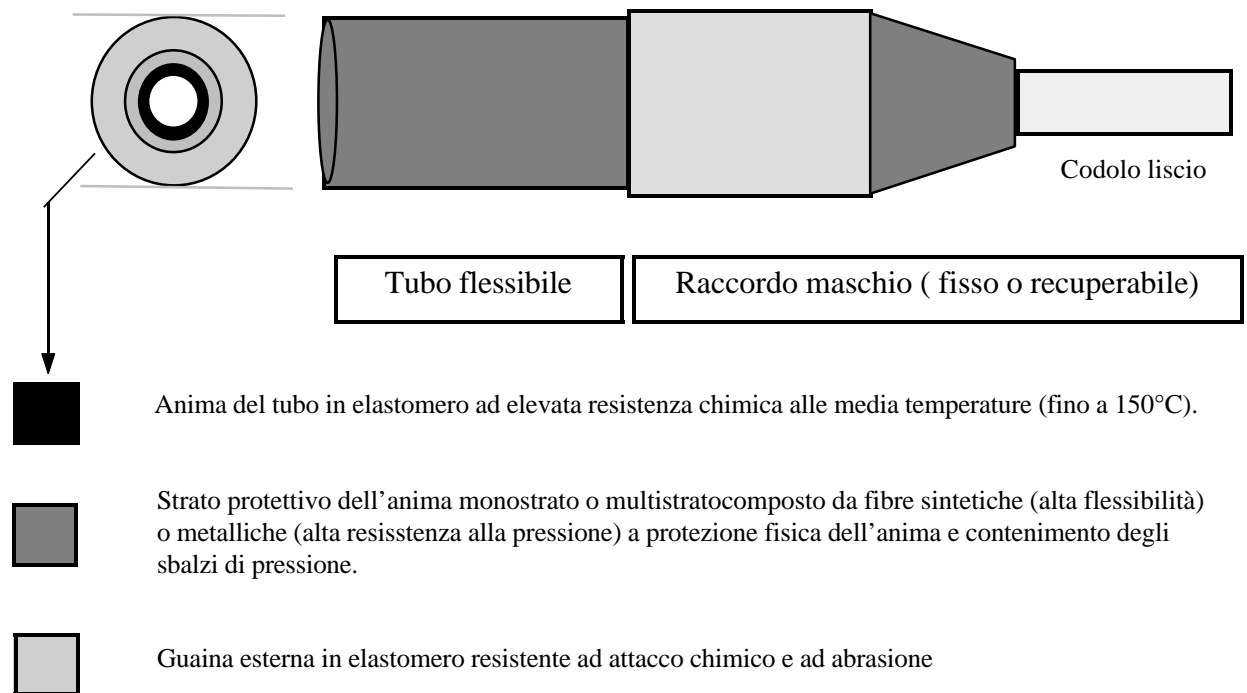
Oscillazione diamante	1	50	6
Pistoni robot	7	100	6
Supporto robot	16	135	6
Rotazione robot	1	30	10
Apri-Chiudi caricatore	2	60	8
Mandata boccole	1	70	6
Scarico boccole	1	90	10
Scambiatore	2	110	16
Portellone	2	40	8
Riassunto materiale:	74	pezzi	

Le cause principali di rottura dedotte dalla documentazione degli interventi e da analisi sul campo sono:

- deterioramento del tubo per distacco e intaglio in prossimità del raccordo (lato compresso) dovuto a fatica flessionale o torsionale in ambiente chimicamente e meccanicamente aggressivo
- deterioramento per usura della guaina protettiva dovuto a sfregamento in presenza di elevate quantità di smeriglio
- deterioramento per raggiunto limite di vita, ovvero degrado della struttura polimerica, con comparsa di ernie e rigonfiamenti in superficie

Le tre cause principali sopra elencate si riferiscono ad eventi sistematici che interessano le condutture delle cinque macchine in esame per un totale di circa 250 tubi; le rotture accidentali dovute a contatto diretto con organi in movimento non vengono considerate.

Di seguito si può osservare la struttura tipica di un tubo flessibile del circuito idraulico:



Al tubo viene richiesto di resistere ad una pressione massima nominale di 50 bar e di avere un diametro minimo di curvatura di 10 cm. Per questo utilizzo la scelta non dovrebbe essere effettuata secondo criteri di resistenza alla pressione o al taglio ma di resistenza all'usura in ambiente aggressivo ed erosivo e di capacità di sopportare un elevato numero di flessioni e torsioni senza dar luogo a fessurazioni della guaina esterna.

18.3 - Effetti dell'anomalia sulla produzione

La rottura di un tubo flessibile attraverso cui fluisce olio idraulico in pressione di norma avviene per gradi: all'inizio una piccola fessurazione dell'anima lascia trafilare pochissimo olio e si espande fino a causare perdite tali da far abbassare la pressione di mandata e bloccare quindi la macchina; solo talvolta si assiste ad una rottura catastrofica del tubo, spesso con uno scoppio in prossimità del raccordo. L'effetto perdita è mascherato visivamente dal forte deflusso di fluido lubrorefrigerante in pressione che durante la lavorazione invade tutta la macchina. L'anomalia viene rilevata quando l'operatore si accorge che l'apparato non riesce più a mantenere il ritmo produttivo.

I sintomi più chiari di ciò che sta succedendo sono principalmente due:

- il calo della pressione di mandata leggibile sul manometro

- il calo del livello dell'olio nel serbatoio a livello del basamento

Quando l'operatore in turno si avvede del guasto, per evitare inutili perdite di olio, finisce l'esecuzione in corso e poi ferma la macchina.

18.4 - Approccio tradizionale al problema

La politica della manutenzione in questo campo è sempre stata quella di intervenire con la sostituzione del tubo nel momento in cui il caporeparto emette la RdM, cioè a guasto avvenuto.

La documentazione al riguardo è scarsa nonostante l'elevato numero di guasti rilevato sul campo (circa 1 ogni 8-10 giorni secondo gli operatori della produzione), il che fa presagire che il più delle volte, come peraltro accertato, la sostituzione viene effettuata direttamente dall'operatore in turno. Questo fatto ha prodotto una forte eterogeneità nella tipologia ma soprattutto nelle caratteristiche di affidabilità dei tubi presenti in tutte le cinque macchine, che attualmente presentano unità flessibili con età variabile dai pochi giorni a molti anni.

Il tempo medio di ripristino della funzionalità è relativamente breve quando il guasto si è palesato e si può approssimare in circa 40 minuti di fermo macchina, sia che l'intervento venga eseguito dalla manutenzione che dalla produzione.

18.5 - Analisi economica

Un guasto ogni 10 giorni lavorativi significa, su un totale di 225 giorni di presenza, circa 23 guasti all'anno. Nell'analisi dei costi per singolo guasto, i termini sono la perdita per indisponibilità, il costo del tubo, il costo della manodopera produttiva o manutentiva impiegata, e dell'olio perso per rottura, evidenziati nella seguente tabella:

Voce di costo		Costo a guasto
indisponibilità	0,6 ore/int. X 85.000 £ /ora	51.000
tubi	25.000	25.000
tecnico	0,6 ore X 33.000 £/ora	20.000
olio perso per guasto	40 lt X 2700 £ / lt	108.000

Totale		204.000
---------------	--	----------------

18.6 - Approccio innovativo

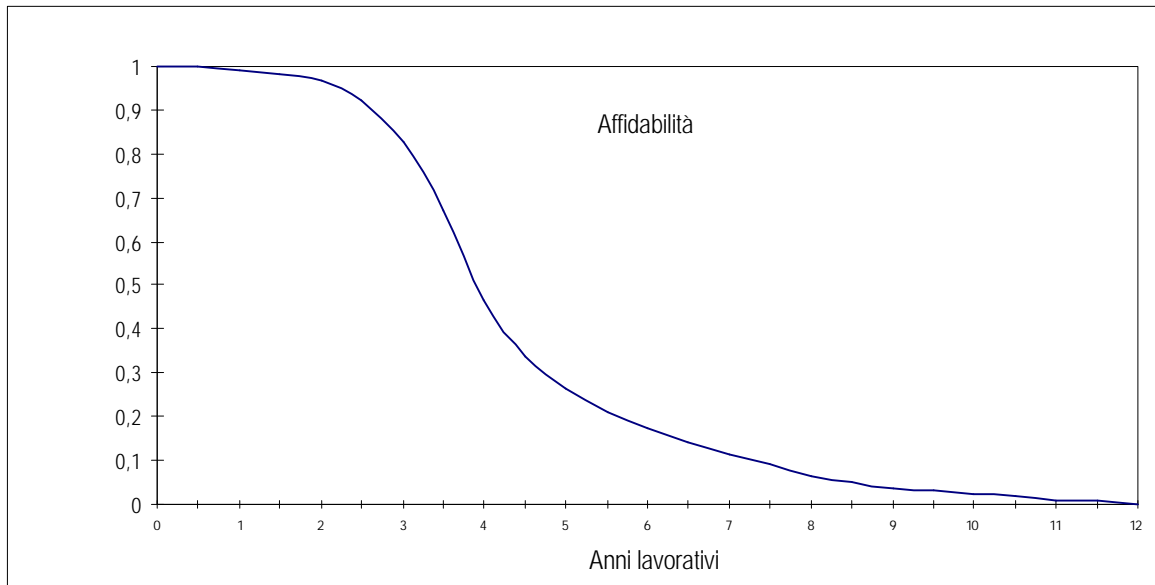
Economicamente, l'aggravio economico più importante dei guasti al sistema idraulico è rappresentato dall'olio perso per trafile e rotture dei flessibili usurati, pertanto non è possibile ottenere un risparmio significativo senza prima procedere con una radicale revisione o sostituzione di tubi e raccordi.

Sul piano della disponibilità, è stato dimostrato sul campo che la sostituzione preventiva del flessibile ancora funzionante da parte del personale sia manutentivo che produttivo debitamente attrezzato e in possesso di un nuovo tubo già dotato dei raccordi può essere effettuata con circa 10-15 minuti di fermata della macchina e può essere quindi agevolmente programmata; all'interno di questo intervallo di tempo la fase che ha la maggiore rilevanza è l'attesa per lo sgocciolamento della macchina dal refrigerante che la invade durante il funzionamento e che non consente al tecnico o all'operatore di intervenire in modo sicuro e pulito.

La spesa relativa all'intervento preventivo risulta essere:

indisponibilità	programmata	0
tubi	25.000	25.000
tecnico	0,2 ore X 33.000 £/ora	6.600
personale produttivo in eccesso per fermo macchina	0,2 ore X 33.000 £/ora	6.600
olio perso per guasto	0	0
Totale		38.000

Un guasto ogni 10 giorni su 280 tubi significa che la vita media di un tubo è di circa 2800 giorni lavorativi, corrispondenti a circa 12 anni lavorativi. Si può pertanto stimare per il singolo tubo una curva di affidabilità del tipo:



il cui andamento si mantenga costante nei primi due-tre anni per poi scendere fino al livello zero ai dodici anni. Questo grafico è stato tracciato in base alle informazioni raccolte in officina per i tubi utilizzati sulle macchine del gruppo macchine.

Si tratta ora di determinare una politica per la sostituzione programmata del parco tubi in modo tale da minimizzare i costi annui.

Anzitutto bisogna ridurre al minimo i costi derivanti dalle perdite di olio dovute alle trafilature dei tubi e dei raccordi usurati tramite una prima sostituzione globale del parco flessibili e una revisione complessiva dei raccordi sulla macchina. L'operazione può essere anticipatamente organizzata, programmata e parzializzata richiedendo circa due giorni di lavoro per singola macchina; il costo globale da sostenere per le cinque macchine si può quantificare in:

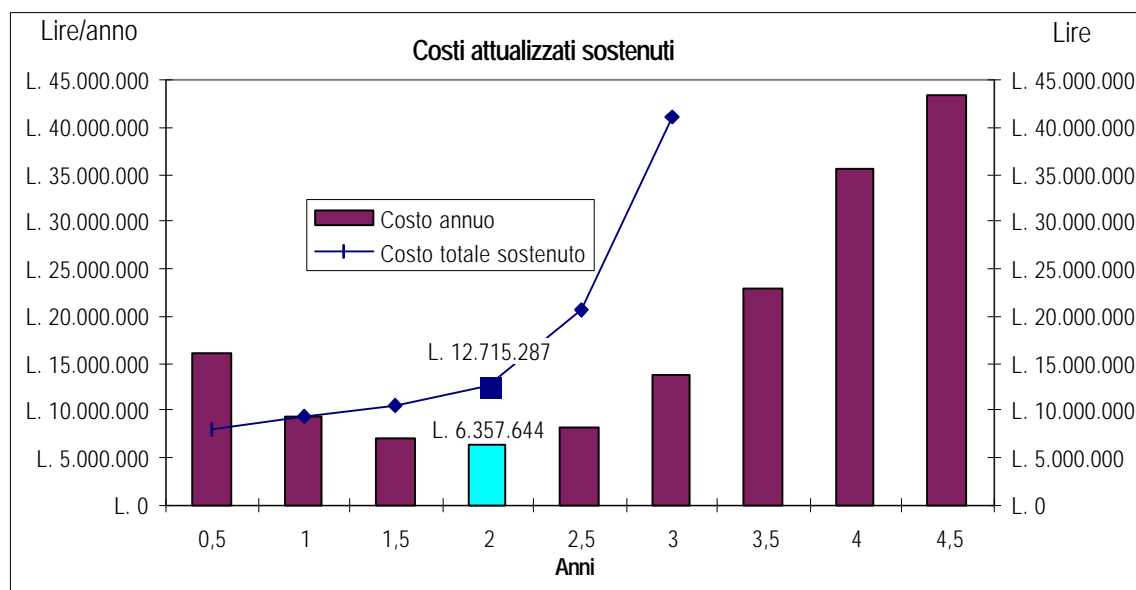
tubi	208 tubi/macchina X 25.000 £ / tubo	5.200.000
ore di lavoro	16 ore/macch. X 5 macch. X 33.000 £/ora	2.700.000
Totale	circa	8.000.000

che è decisamente inferiore al costo annuo che la ditta sostiene attualmente in presenza di tubi obsoleti e perdite di olio elevate, che vale:

olio perduto per obsolescenza dei tubi		13.700.000
---	--	------------

interventi a guasto	23 interv. X 100.000 ¹ £ /interv.	2.300.000
Totale annuo		16.000.000

La sostituzione dei flessibili può essere effettuata in tempi e modi differenti a seconda delle esigenze produttive. In base alla curva di affidabilità i costi attualizzati da sostenere annualmente e complessivamente sono i seguenti:



Il valore minimo del costo annuo si ha per un intervallo di tempo di 2 anni tra l'installazione e la sostituzione globale dei flessibili delle 5 macchine con un costo totale attualizzato, sostenuto nel periodo considerato, di circa 13 milioni e un nuovo MTBF del sistema che passa dagli attuali 10 giorni a circa 50 giorni ovvero, per macchina, un guasto ogni 250 giorni (1 anno lavorativo).

Il punto di convenienza per l'intero sistema si ha al migliore compromesso tra il costo sostenuto a causa dei circa 9-10 guasti che si verificano nei due anni in base all'inaffidabilità dei tubi installati, e la dispersione dei costi nel tempo; il risparmio annuo ottenibile sul gruppo macchine in questo modo è di 1.700.000 lire annue cioè circa il 20% della sostituzione globale nel periodo di un solo anno. Quest'ultima ipotesi tuttavia, oltre che sotto il profilo economico, è sconveniente soprattutto dal punto di vista operativo in quanto impone sostituzioni troppo frequenti che implicano continui

¹ valore ridotto perché l'olio perso è già conteggiato nella voce precedente.

fermi macchina. Prolungare invece il tempo di intervento oltre il punto di convenienza causa una rapida impennata dei guasti e quindi delle spese sostenute per le riparazioni. La programmazione delle sostituzioni nei due anni può essere gestita a seconda delle esigenze e le alternative sono diverse:

- sostituzione di un singolo tubo per volta:

in questa ipotesi è necessario 1 intervento ogni:

$$\frac{450 \text{giorni lavorativi}}{280 \text{tubi}} = 1,6 \text{giorni}$$

Per le cinque macchine si tratterebbe di una fermata di 15 minuti ogni 8 giorni lavorativi.

- sostituzione di una coppia di tubi per volta:

in questo caso, per ciascuna delle macchine si avrebbe una sostituzione ogni 16 giorni lavorativi.

- sostituzione di tutti i tubi ogni 2 anni:

il sistema dei tubi flessibili verrebbe completamente sostituito ogni biennio con una fermata complessiva di circa 2 giorni per singolo apparato che potrebbero coincidere vantaggiosamente con i periodi festivi o di sospensione della produzione.

La decisione della strategia da intraprendere dipende da molti fattori tra cui:

1. la convenienza di tenere giacenze di tubi preassemblati a magazzino
2. la possibilità di eseguire con regolarità le sostituzioni periodiche
3. le esigenze produttive
4. la possibilità per manutenzione e Produzione di concertare fermate programmate delle macchine in modo da ridurre o annullare l'indisponibilità dovuta al fermo per sostituzione preventiva
5. la disponibilità economica per sostenere un'operazione di revisione completa dei tubi

La soluzione migliore nel caso dell'azienda in esame, considerate le risorse disponibili, sembra essere quella di sostituire due o tre elementi alla volta in un periodo variabile tra i 16 e i 25 giorni per macchina: in pratica 3 tubi al mese.

18.7 - I tubi del sistema di diamantatura della mola

Un discorso a parte meritano, in termini manutentivi, i due tubi del diamantatore, ovvero quel meccanismo che consente la sagomatura e la ravvivatura della mola durante le fasi rispettivamente di set-up della macchina e di lavorazione sull'utensile. L'oggetto che viene a contatto con la mola è una piastrina composta da diamante sintetico immerso in un legante metallico il quale viene fatto oscillare da un complesso meccanismo a spinta oleodinamica. Poiché la sagomatura deve essere eseguita gradualmente e con precisione il "diamante" impiega circa 45 minuti per completare l'operazione su una mola nuova compiendo moltissimi cicli di contatto per vibrazione sulla sua superficie.

La coppia di tubi flessibili che trasporta l'olio in pressione necessario ad attuare il moto oscillatorio è soggetta a forti gradienti di pressione (colpo d'ariete) e a flessioni-torsioni continuate ad ogni ciclo in cui il sagomatore cambia la faccia di lavoro. Il tasso di mortalità è decisamente superiore a quello di tutti gli altri tubi del sistema idraulico. e per questi elementi critici si cercherà di stabilire un periodo ideale per la sostituzione preventiva mediante un semplice programma, denominato PIP (acronimo di Programmazione Interventi Preventiva), basato su sistemi simulativi e funzionante su PC. Il programma simula, attraverso un algoritmo matematico, l'accadimento di una certa quantità di eventi (in questo caso i guasti simulati sono 500) e contemporaneamente simula il momento dell'intervento preventivo attraverso una legge gaussiana basata su un tempo medio e su una deviazione standard che rappresenta la "puntualità" con cui viene eseguito l'intervento.

Si supponga che i tubi siano soggetti allo stesso tipo di usura e quindi si degradino allo stesso modo; in questo contesto verranno trattati, come succede nella pratica, come un unico sistema che ha le seguenti caratteristiche:

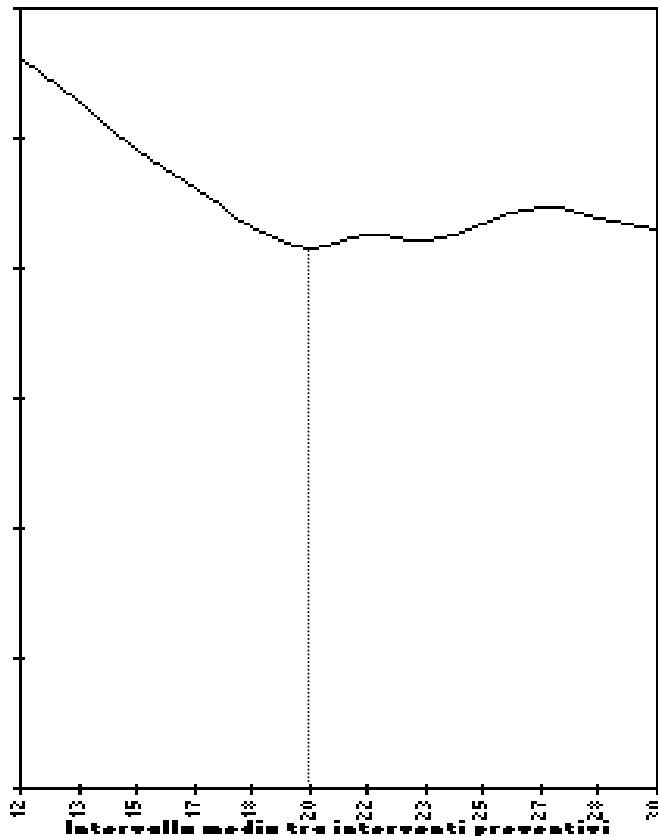
- i tempi di rottura dei tubi si distribuiscono secondo una legge esponenziale negativa
- l'MTBF del sistema composto da una coppia di tubi è di 20 giorni per ogni macchina

- STD (deviazione standard della gaussiana) = 1. La probabilità di eseguire con puntualità l'intervento sostitutivo è, in questo caso, elevata
- il costo dell'intervento di riparazione a guasto avvenuto è di circa 120.000 Lire
- il costo della sostituzione preventiva è quantificabile in circa 63.000 Lire

Pertanto si avrà, come input per il programma PIP, la seguente finestra:

The screenshot shows a software window titled "INPUT DATI". Inside, there are several input fields and buttons. Under the "COSTI" section, there are two fields: "Riparazione" with the value "L. 120.000" and "Preventiva" with the value "L. 60.000". Below these are two vertical lists: "MTBF" with values 5, 10, 15, 20, 25 (where 20 is selected) and "STD" with values 1, 2, 3, 4, 5 (where 1 is selected). To the right of these lists are three buttons: "Uscita", "RESET", and a large "CALCOLA" button.

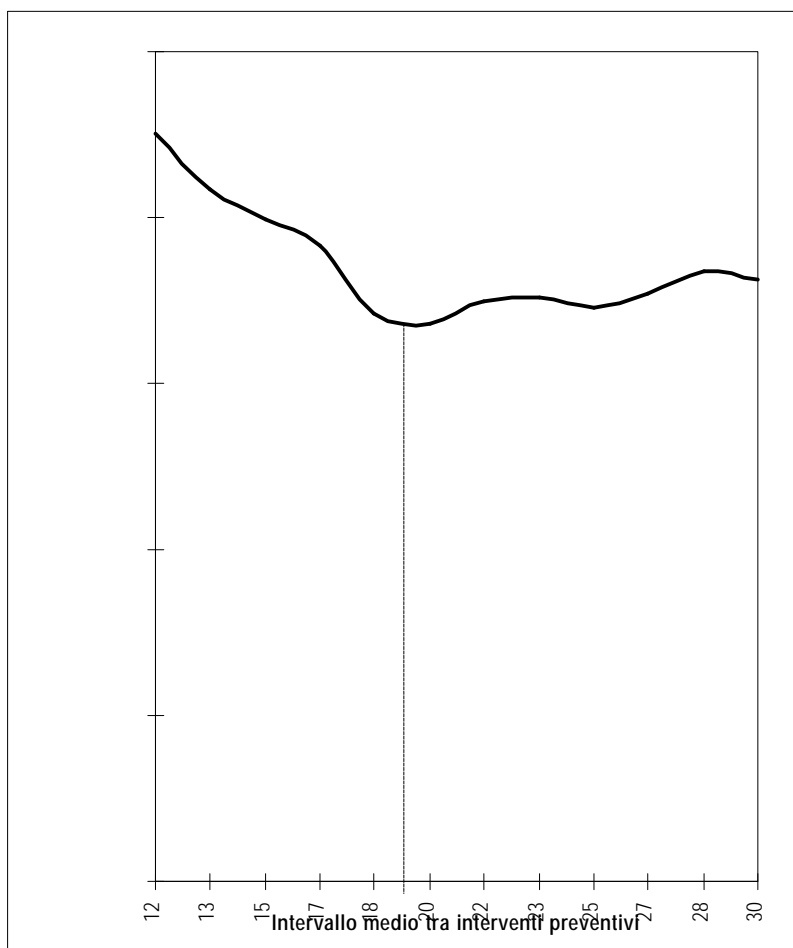
ottenendo dopo 500 iterazioni una curva e dei dati correlati del seguente tipo:



MTBF (gg) :	20
STD :	1
Guasti simulati	500
Costo guasto:	L. 120.000
Costo prev.:	L. 60.000
% risparmio per sostituzione preventiva:	31%

La massima convenienza economica si individua quando i due tubi vengono sostituiti ogni 20 giorni, con un risparmio di circa il 30% rispetto alla spesa che si sosterebbe se il diamantatore venisse riparato sistematicamente a guasto avvenuto. Quantitativamente a fronte dei circa 20 milioni di lire anno spesi attualmente si scenderebbe ad un esborso di circa 14 milioni di lire.

Qualora gli interventi preventivi fossero meno “puntuali” (la deviazione standard della gaussiana è più elevata), dopo 500 guasti simulati la situazione potrebbe essere la seguente:



MTBF (gg) :	20
STD :	7
Guasti simulati	500
Costo guasto:	L. 120.000
Costo prev.:	L. 60.000
% risparmio per sostituzione preventiva:	30%

In questo caso, mantenendo inalterati gli altri parametri, si può osservare che il periodo di tempo ideale, cioè che consente il massimo risparmio economico, tra due sostituzioni preventive scende da 20 a 19 giorni. Questo significa che, in presenza di interventi preventivi meno “puntuali”, è conveniente programmare la sostituzione del tubo in anticipo rispetto all’MTBF.

18.8 - Conclusioni

I risultati ottenuti con i precedenti metodi derivano da informazioni in parte rilevate sulle RdM e in parte raccolte sul campo o presso i fornitori del materiale. La disponibilità di dati ancora più affidabili e più dettagliati sulla storia dei guasti relativa al singolo elemento di un sistema condurrebbe a risultati migliori e più accurate stime economiche. Nuovamente si vuole mettere in luce come un archivio omogeneo, la cui struttura sia migliorabile secondo le esigenze, rappresenti la base di partenza per una razionale ricerca dei problemi e una loro classificazione in ordine di importanza produttiva ed economica che si traduce, per la manutenzione, in un obiettivo su cui concentrare i mezzi per ottenere il miglior risultato con il minimo spreco di risorse.

La manutenzione preventiva, intesa come programmazione di interventi atti a ridurre in modo sistematico i guasti ricorrenti, basata sulle procedure MA-MTZ-005 e MA-MTZ-007, sull'utilizzo di PIP, ma soprattutto gestita e documentata dalle funzioni Produzione e Manutenzione in modo metodico e costante, rappresenta per la direzione aziendale un potente e conveniente strumento per aumentare la produttività mantenendo pressoché inalterate le risorse disponibili.