

# Manutenzione

TECNICA E MANAGEMENT



A.I.MAN. Associazione Italiana di Manutenzione



## Reliability Centered Maintenance

### La metodologia RCM

Genesi e sviluppo della RCM come tecnica fondamentale per ottimizzare i piani di manutenzione

### La RCM nell'Oil & Gas

Modalità di sviluppo ed elaborazione nel caso di turbine a gas e grandi compressori

### Metodo Ramses

Simulare affidabilità, manutentibilità e disponibilità degli impianti per ottenere piani preventivi ottimali

---

**APPLICAZIONE DEL LIFE CYCLE COST AGLI AUTOBUS**

---

**UN PROGETTO DI RE-MAINTENANCE PER CEMENTIFICI**

---

**VANTAGGI DEGLI OLII SINTETICI NELLA OLEODINAMICA**

---

# La metodologia Reliability Centered Maintenance

Si illustra la genesi e lo sviluppo della Rcm che costituisce una tecnica fondamentale dell'ingegneria di manutenzione per conseguire risultati sempre migliori dagli impianti

S. Cerciello, Simav spa, Roma

L'Rcm (*Reliability centered maintenance*) fornisce un metodo efficace e completo che passo dopo passo consente di raggiungere tutti gli obiettivi di miglioramento possibili in manutenzione. Per Reliability Centered Maintenance si intende una serie di procedimenti logici capaci di condurre alla definizione del più efficace e meno costoso piano di manutenzione possibile. I principali cambiamenti delle filosofie e delle strategie che guidano la manutenzione, introdotti nel procedimento Rcm consistono nel considerare, come scopo di base della manutenzione:

- la conservazione delle funzioni e delle prestazioni richieste al bene dall'utilizzatore, piuttosto che la conservazione fisica del bene stesso e delle sue prestazioni di targa

- nel considerare la manutenzione di routine come costituita principalmente non da attività atte a prevenire i guasti, ma da attività che ne evitano, mitigano o eliminano le conseguenze.

In altri termini l'applicazione dell'Rcm 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 nella missione che al contesto nel quale l'oggetto si trova ad operare. Applicare in maniera corretta il metodo Rcm consente principalmente di:

- migliorare le prestazioni operative ed il rapporto costo/efficacia; l'Rcm fornisce le regole per poter scegliere in maniera sistematica la migliore politica manutentiva da adottare su un impianto in ogni situazione, assicurando l'efficacia della decisione presa. Attraverso questo processo si arriva a raggiungere i voluti risultati di miglioramento delle prestazioni degli impianti al minor costo

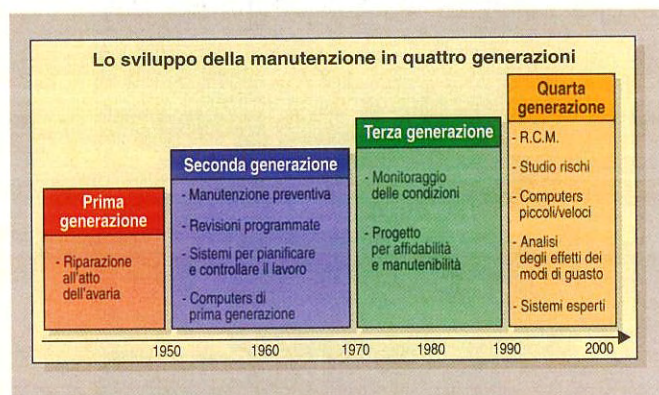


Fig. 1. Lo sviluppo della manutenzione in quattro generazioni.

- definire un piano di manutenzione ottimizzato o migliorare il piano di manutenzione esistente, e quindi eseguire le attività più efficaci ed eliminare quelle non necessarie

- migliorare il lavoro di gruppo: l'Rcm fornisce un linguaggio tecnico comune e facilmente comprensibile per tutti coloro che interagiscono con gli impianti, migliora la comprensione del loro funzionamento e consente di ottenere risultati di miglioramento comuni alla manutenzione e all'esercizio.

**Excursus storico sull'Rcm.** Dall'inizio dell'era industriale e dallo sviluppo ed utilizzo delle prime macchine fino alla II guerra mondiale l'approccio della manutenzione era di pronto intervento e generava perdite di produzione o indisponibilità della macchina per tutta la durata della riparazione (fig. 1). I primi cambiamenti sono avvenuti in corrispondenza della II guerra mondiale. Le macchine tendevano a diventare sempre più complesse e ad aumentare il loro livello di automazione. Nelle economie industrializzate dell'epoca, la disponibilità di manodopera tendeva a diminuire e l'industria si organizzava sempre più con una logica di ciclo continuo per fornire una produzione sempre crescente di beni e prodotti di largo consumo. La perdita di produzione causata da guasti meccanici divenne inaccettabile, portando ad un lavoro di prevenzione delle avarie; si credette che i guasti potessero essere evitati grazie ad un intervento di natura preventiva. In ogni caso questo modello generava una crescita dei costi in quanto i componenti non sempre vengono sfruttati al massimo della loro vita uti-

le. La crescita dell'aviazione civile a partire dagli anni '50 condusse allo sviluppo di una generazione successiva. La Federal aviation administration (Faa) - ente responsabile della regolamentazione dell'aviazione negli Stati Uniti - era preoccupata dell'affidabilità degli aerei. Nello sforzo di ridurre il numero di avarie l'industria concluse che la manutenzione veniva effettuata con ritardo rispetto all'insorgere dell'avaria. Così fu incrementata la frequenza della manutenzione programmata. Questo condusse a costi di manutenzione più alti che alla fine degli anni '50 spinsero l'industria a rivedere il concetto di manutenzione preventiva. In più la Faa era convinta che l'affidabilità di certi motori non era stata migliorata cambiando il tipo o la frequenza della revisione. I dati disponibili di quel tempo indicavano che nonostante la frequenza di alcune avarie fosse stata ridotta, molte di più erano rimaste invariate o addirittura aumentate. Non c'era modo di spiegare questo fenomeno con il modello di avaria allora accettato. Una commissione composta da rappresentanti della Faa e delle principali compagnie aeree fu incaricata di testare le politiche di manutenzione pianificate. Ciò che derivò da tali studi fu che l'affidabilità e la frequenza di revisione di un apparato non erano necessariamente correlate fra di loro. Laddove vi fosse stata una causa dominante di guasto, risultò così efficace la rilevazione e il monitoraggio di alcuni parametri di funzionamento dell'apparato, secondo un modello di intervento detto «on condition». Pertanto la migliore politica di manutenzione utilizzabile per tale modello di avaria era il monitoraggio del funzionamento e la successiva sostituzione della parte qualora venisse superata una soglia di decadimento del parametro. Infatti essa consentiva un intervento poco prima del verificarsi del guasto, massimizzando la vita utile del componente e minimizzando le perdite di produzione, con la disponibilità dei tempi necessari alla preparazione e pianificazione dell'intervento stesso.

La commissione sviluppo quindi un programma di affidabilità per i sistemi di propulsione, e ciascuna aerolinea elaborò per se stessa e per alcune particolari aree di interesse dei programmi per l'affidabilità. Venne così realizzato un manuale per la valutazione della manutenzione ed il programma di sviluppo per la manutenzione del Boeing 747 comunemente noto come MSG-1 (Maintenance Steering Group 1). MSG-1 fu successivamente migliorato per altre applicazioni aeronautiche e divenne MSG-2. Nel 1979 la Air transport association (Ata) rivisitò il programma MSG-2 per incorporare ulteriori sviluppi nella manutenzione preventiva. Venne così realizzato l'MSG-3 il documento di pianificazione del programma di manutenzione industriale delle aerolinee. Le United Airlines furono sponsorizzate dal dipartimento della difesa degli Stati Uniti (Us Dod) per realizzare un documento di vasta portata su manutenzione, affidabilità e sicurezza. Questo report fu preparato da Stanley Nowlan e Howard Heap e fu chiamato Reliability centered maintenance. Al di fuori dell'industria aerospaziale le applicazioni dell'MSG-3 sono note generalmente con il nome di Rcm. Il lavoro fatto dalle aerolinee ha notevolmente agevolato tali applicazioni dal 1980 in poi. Le Mil Std 2173 commissionate dal Dod furono poi cancellate, ed i principali riferimenti esistenti in merito so-

no costituiti dalle RN NES 45 e dalle Sae JA1011. Nell'industria l'attenzione per i problemi legati alla disponibilità impiantistica risultò essere sempre maggiore anche grazie all'applicazione crescente dei sistemi just in time, che per loro natura tendono a focalizzare l'attenzione sui problemi relativi all'affidabilità impiantistica. Avendo poi l'affidabilità degli impianti un impatto diretto sulla sicurezza e sulla tutela dell'ambiente, il metodo Rcm ha trovato applicazione in particolare laddove questi aspetti vengono tenuti in primo piano (energia nucleare, impianti off-shore).

**Reliability Centered Maintenance e manutenzione tradizionale.** Riteniamo indispensabile chiarire prioritariamente il fatto che i procedimenti logici alla base dell'Rcm riguardano le filosofie e le strategie che guidano la manutenzione, e non le tecniche e le tecnologie di manutenzione, che, negli ultimi decenni, hanno anch'esse avuto sviluppi importanti. Deve essere osservato che la manutenzione tradizionale poggia su alcune premesse implicite:

- prima premessa implicita: «lo scopo della manutenzione «è di riportare continuamente il bene nelle condizioni tecniche di targa». In questo modo si garantisce che il bene possa continuare a fornire le prestazioni per le quali è stato progettato

- seconda premessa implicita: «la percentuale di avarie, sia pure con leggi diverse, è legata all'età». Su questa assunzione è basato il fatto che il contenuto manutentivo aumenta nelle successive operazioni in officina, in alcuni casi con l'età può essere ridotto il periodo intercorrente tra due successive soste per manutenzione, nell'ipotesi che questo sia necessario per ridurre la frequenza di avarie nell'uso del bene

Negli anni, le premesse implicite su cui si sono basati i piani di manutenzione tradizionali sono stati rimesse in discussione. Per quanto riguarda la «prima premessa implicita», è stato riscontrato che garantire le prestazioni mantenendo il bene sempre nelle condizioni di progetto non è necessariamente il modo più efficiente ed economico per effettuare la manutenzione; può essere più efficace e meno costoso partire dall'esame del modo con cui «le prestazioni» - che diventano l'aspetto centrale della manutenzione - vengono a decadere. Se non si vuole utilizzare il riferimento alle condizioni tecniche di progetto, diventa allora necessario analizzare quale effetto abbia ogni possibile avaria o decadimento tecnico sulle prestazioni richieste, e dunque alla base di ogni sistema manutentivo innovativo va posta una analisi ingegneristica di ogni possibile modo di guasto (*Failure mode analysis* - Fma), che va successivamente integrata con lo studio delle conseguenze dell'avaria sulle prestazioni (*Failure mode and effect analysis* - Fmea) e poi con le criticità di guasto (*Failure mode effect and criticality analysis* - Fmeca). Per quanto riguarda invece la «seconda premessa implicita», una serie di studi hanno dimostrato che, almeno negli apparati complessi, l'andamento della frequenza di guasti nel tempo segue numerose leggi diverse; solo in certi casi è vero l'assunto che la funzione sia crescente: molto più spesso i guasti sono occasionali e del tutto indipendenti dall'età dell'apparato. In particolare, studi effettuati

su apparati assai complessi (aerei di linea) hanno mostrato che non più del 10-20% dei sistemi mostravano frequenze di avarie crescenti nel tempo. Analisi effettuate dall'U.S. Navy (Surface Ship Maintenance Division) su naviglio militare hanno mostrato risultati analoghi. Ne deriva che l'applicazione di lavori a scadenza, nell'ipotesi che questo riduca o azzeri la probabilità di guasto in servizio, è inefficace ed inutilmente dispendiosa nella maggioranza dei sistemi. È stata quindi sviluppata, inizialmente in campo aeronautico, una metodologia che, partendo da basi logiche completamente diverse, conduce a definire un piano di manutenzione nel quale sono eliminate le operazioni inefficaci, mantenendo invece quelle indispensabili a conservare le piene condizioni di efficienza operativa del bene oggetto della manutenzione.

**Le sette domande fondamentali.** Il procedimento Rcm deve assicurare una soddisfacente risposta ad ognuna delle seguenti sette domande:

- 1ª domanda: «Quali sono le funzioni e le prestazioni standard dell'oggetto nel suo attuale contesto operativo?»
- 2ª domanda: «In quale modo l'oggetto smette di assolvere alle sue funzioni?»
- 3ª domanda: «Che cosa provoca ogni avaria funzionale?»
- 4ª domanda: «Che cosa succede quando si verifica ogni singola avaria?»  
e poi
- 5ª domanda: «Ha importanza la singola avaria in termini di conseguenze?»
- 6ª domanda: «Che cosa si può fare per prevenire l'avaria?»
- 7ª domanda: «Che cosa si può fare per mitigare le conseguenze dell'avaria se non si riesce a trovare un metodo adatto per prevenirla?».

### **Fasi operative elementari per l'esecuzione dell'analisi.**

Per l'effettuazione di una analisi Rcm possono essere individuate alcune fasi operative elementari, il cui sviluppo può essere più o meno approfondito in funzione, ad esempio, dell'applicazione dell'Rcm su nuovi prodotti oppure su beni esistenti già in esercizio. Vengono elencate nel seguito, in estrema sintesi, le fasi operative elementari individuate per l'applicazione dell'analisi Rcm.

### **Individuazione dei blocchi funzionali dell'impianto.**

**Definizione delle funzioni e prestazioni di targa e richieste di ciascun blocco funzionale.** Attraverso tale passo si risponde alla 1ª domanda del procedimento Rcm: quali sono le funzioni e le prestazioni standard dell'oggetto nel suo attuale contesto operativo?

**Selezione dei blocchi funzionali.** Attraverso tale passo si individuano, mediante una griglia di domande mirate, i Maintenance significant items (Msi), apparati sui quali è il caso di proseguire l'analisi Rcm, per la loro «rilevanza» dal punto di vista manutentivo.

**Applicazione dell'analisi di tipo Fmea o Fmeca per analizzare le cause e gli effetti delle avarie significative sui blocchi funzionali.** Saranno individuati per

ciascun blocco funzionale selezionato e nell'ordine stabilito:

- tutti i possibili guasti del blocco funzionale (con la determinazione di tutte le avarie si risponde alla 2ª domanda del procedimento Rcm: in quale modo l'oggetto smette di assolvere alle sue funzioni?)

- per ciascun guasto saranno individuate tutte le possibili cause (rispondendo alla 3ª domanda: che cosa provoca ogni avaria funzionale?) e la probabilità che esso si verifichi in maniera tale da discernere i guasti plausibili da quelli inverosimili

- per ciascuna causa di guasto saranno individuati tutti i possibili effetti (rispondendo alla 4ª domanda: che cosa succede quando si verifica ogni singola avaria?).

**Valutazione delle conseguenze delle avarie funzionali.** Nel rispondere alla 5ª domanda (ha importanza la singola avaria?) il procedimento Rcm approfondisce la conoscenza delle conseguenze dell'avaria. Il processo Rcm riconosce che la sola ragione per intraprendere una manutenzione non è prevenire l'avaria di per se stessa, ma evitare, o almeno mitigare gli effetti delle conseguenze dell'avaria. Se tali conseguenze non sono importanti, allora non c'è bisogno di spendere risorse nel prevenirle. Ogni avaria viene classificata a seconda delle conseguenze che essa comporta secondo i dettami di un apposito algoritmo logico decisionale il cui scopo è favorire la scelta della più opportuna azione manutentiva da eseguire. In primo luogo ogni avaria viene classificata come palese o nascosta. Quindi è successivamente classificata per avere:

- *conseguenze sulla sicurezza o sull'ambiente.* Una avaria ha conseguenze sulla sicurezza se può comportare ferimento o addirittura uccidere. Ha conseguenze sull'ambiente se può portare ad infrangere le leggi sulla protezione ecologica

- *conseguenze operative.* Una avaria ha conseguenze operative se influisce sulla disponibilità operativa.

- *conseguenze non operative.* Queste avarie non hanno influenza sulla disponibilità, così implicano solo il costo diretto di riparazione.

**Individuazione dei task.** Le attività di natura preventiva (determinando le quali si risponde alla 6ª domanda: che cosa si può fare per prevenire l'avaria?) si distinguono nei seguenti tipi:

- ▶ *attività di minuto mantenimento.* Quali pulizia, lubrificazione, ingrassaggi, serraggi ecc

- ▶ *attività programmate «on-condition».* In genere, vi sono dei segnali che evidenziano l'insorgere di una avaria. Sono condizioni identificabili indicanti che un'avaria è sul punto di manifestarsi. Da queste considerazioni deriva la concezione di manutenzione on condition composta da due fasi distinte:

- un'attività ispettiva che monitorizzi l'andamento del/i parametro/i indice/i del funzionamento
- un'attività manutentiva programmata in grado di eliminare l'avaria potenziale.

La criticità risiede, oltre che nella corretta individuazione dei parametri, nella assegnazione della frequenza di ispezione.

- ▶ *attività programmate di ripristino e di sostituzione.* Il ripristino programmato implica la ricostruzione di un componente o la revisione di un assieme ad un certo

tempo prefissato. Parimenti, la sostituzione programmata comporta la rimozione di un pezzo ad un certo tempo a prescindere dalle sue condizioni. Tali compiti sono convenientemente applicabili solo per componenti o assiemi che presentino un modello di avaria legato all'età e presentino una ben definita vita. Non sono appropriati per far fronte ad avaria di natura casuale. La domanda finale nel processo Rcm chiede che cosa si debba fare se non si può identificare una idonea attività preventiva (7<sup>a</sup> domanda: che cosa si può fare per mitigare le conseguenze dell'avaria se non si riesce a trovare un metodo adatto per prevenirla?). La Rcm inquadra questo problema fornendo tre attività alternative:

► *scoperta dell'avaria.* Per funzioni «nascoste», funzioni che non vengono manifestate in modo evidente (ad es. impianto antincendio), se non si può trovare una attività preventiva per ridurre il rischio di avaria, occorre effettuare periodicamente una attività di ricerca avaria. Attività di tale tipo implicano di controllare le funzioni «nascoste» per determinare se vengono svolte correttamente

► *riprogettazione.* Per avarie che hanno riflessi sulla sicurezza o sull'operatività dell'impianto, per le quali non sia possibile individuare attività manutentive in grado di prevenirla o mitigarne le conseguenze, l'azione alternativa è la riprogettazione del sistema stesso.

► *nessuna manutenzione programmata.* Per avarie che non hanno pesanti riflessi sull'operatività e per le quali non si è in grado di trovare attività costo/efficaci, la soluzione alternativa è di non fare alcuna manutenzione preventiva.

Tutte le azioni individuate per tutti i blocchi funzionali andranno a generare il piano di manutenzione secondo logica Rcm.

**Aggregazione dei task e ridefinizione dei piani di manutenzione.** Quando il processo di analisi Rcm dei singoli blocchi funzionali sarà stato completato, a ognuno di tali blocchi saranno associate un elenco di attività (ispettive e preventive cicliche, su condizione, ecc.) determinate in termini di fasi di lavoro, impegni, frequenza, specializzazioni necessarie, attrezzature, ricambi e documentazione. A questo punto si procederà a

unificare i lavori di manutenzione risultanti per ottenere un programma manutentivo razionalizzato. Questo procedimento è inteso a rimuovere possibili duplicazioni dei lavori e ad assicurare che attività di manutenzione aggregabili vengano eseguite simultaneamente. Una volta che il programma manutentivo di un singolo blocco funzionale sia stato completato, questo sarà unificato con quelli di tutte le altre funzioni dell'impianto. Infine, sarà necessario effettuare un processo di ottimizzazione globale per definire la strategia di manutenzione complessiva. Nelle applicazioni su impianti in esercizio il processo di analisi Rcm viene realizzato organizzando un gruppo di lavoro, in possesso della conoscenza delle apparecchiature sottoposte all'analisi in termini di utilizzo, delle principali avarie cui sono soggette, delle caratteristiche tecniche e del loro rapporto con le prestazioni del sistema in esame. Vista la grande quantità di informazioni e dati da dover trattare nell'applicazione del metodo è fondamentale la disponibilità di un idoneo strumento informatico. Il team ideale per effettuare in maniera corretta ed efficace l'Rcm è condotto da una persona interna all'azienda addestrata e supportata, nella applicazione del processo alla propria organizzazione, da una società di consulenza con vasta e comprovata esperienza nell'applicazione del metodo Rcm. Per un approfondimento dei temi legati all'applicazione della metodologia si rimanda il lettore alle seguenti principali fonti bibliografiche. ■

#### FONTI BIBLIOGRAFICHE

- 1 - MSG - 3 Maintenance Steering Group
- 2 - Reliability-centered Maintenance - Nowlan FS & Heap H
- 3 - RCM2 - John Moubray
- 4 - Sae JA1011.



#### L'Autore

**Sergio Cerciello** collabora in qualità di Project Manager nella Divisione di Ingegneria della Società Simav spa, nelle cui file ha maturato un'esperienza di circa dieci anni nello studio e realizzazione di sistemi di gestione della manutenzione per varie realtà industriali. Da circa due anni è incaricato dello sviluppo della metodologia Rcm per i progetti affi-

dati alla Divisione.