

RAM un modello di valore

Le analisi di affidabilità, disponibilità e 'manutenibilità' (RAM: Reliability, Availability, Maintainability) si apprestano a diventare lo standard in tutti i settori

I processi di analisi RAM, già istituzionalizzati in settori che esigono elevati standard di sicurezza, come l'industria aeronautica e dell'energia nucleare, si stanno rapidamente diffondendo anche in altri ambiti. Se da un lato le industrie di processo (ad esempio negli impianti petrolchimici, nelle centrali elettriche, negli impianti petroliferi e del gas e nelle raffinerie) utilizzano metodologie strutturate per i progetti di investimento, con transizioni da una fase a quella successiva basate su momenti decisionali, dall'altro le analisi RAM stanno progressivamente diventando un requisito standard per la realizzazione dei deliverable nella fase di pianificazione e progettazione di base, nota come front-end engineering design (FEED). In conformità alle normative internazionali in materia di analisi RAM (tra cui IEEE 497 e ISO 14224), ABB realizza solidi modelli di affidabilità e disponibilità degli impianti attraverso studi di pianificazione e progettazione preliminari che contribuiscono a limitare al minimo le problematiche operative future.



La fase di pianificazione (FEED) di un progetto di investimento di fatto è sempre stata incentrata essenzialmente sulla definizione delle specifiche ingegneristiche e di progettazione dell'impianto, come ad esempio la capacità di processo, il ciclo di funzionamento e le sollecitazioni termiche e meccaniche, mentre le analisi di affidabilità del ciclo di vita venivano eseguite solo di rado. Oggi, la progettazione finalizzata all'affidabilità si sta progressivamente configurando come un processo imprescindibile e i risultati degli studi sui modelli di affidabilità, disponibilità e manutenibilità (RAM) vengono esaminati con grande attenzione dai project manager durante l'esame dei vari stadi di realizzazione. I professionisti dispongono oggi di una vasta serie di strumenti e metodi per la valutazione dell'affidabilità, riconosciuti in ambito industriale, ciascuno dei quali contraddistinto da caratteristiche applicative e limitazioni specifiche. La figura 1 illustra i suggerimenti di ABB per un progetto di investimento standard. Il momento ideale per effettuare l'analisi RAM è dopo la fase di progettazione concettuale e prima di quella di dettaglio. Nelle fasi successive i tentativi di

risolvere i problemi di affidabilità risultano spesso proibitivi dal punto di vista economico, quindi, di fatto, inattuabili. Le analisi RAM consentono ai team di progettazione di intervenire su eventuali difficoltà progettuali, colli di bottiglia, esigenze di duplicazione e ridondanza nell'ambito dell'affidabilità, prima di passare alla fase dettagliata di progettazione e realizzazione (**Factbox 1**). Le analisi RAM partono dalla raffigurazione grafica delle interdipendenze funzionali tra i vari insiemi di risorse e scenari di guasto (comunemente definiti diagrammi a blocchi dell'affidabilità o RBD). Attraverso la distribuzione probabilistica di tutti gli stati di queste interdipendenze, le simulazioni Monte Carlo forniscono allo sviluppatore del modello stime quantitative dell'affidabilità e della disponibilità dell'intero sistema. L'analisi RAM rappresenta in termini statistici il contributo di ciascuna risorsa alla disponibilità e all'affidabilità complessive del sistema. L'analisi delle criticità è un metodo di valutazione e classificazione di prodotti e processi mediante il quale vengono assegnate le giuste priorità sulla base delle conseguenze e delle probabilità di guasto. I risultati vengono utilizzati

per tracciare le linee guida generali della politica manutentiva da applicare alla risorsa specifica (manutenzione a guasto, monitoraggio delle condizioni, strategie di manutenzione preventiva periodica e monitoraggio costante).

Factbox 1: l'ambito delle analisi RAM

- Identificazione dei colli di bottiglia (meccanici e di processo).
- Valutazione della disponibilità all'esercizio dell'unità.
- Definizione delle esigenze di manutenzione programmata e non.
- Sviluppo di strategie ottimali per le fermate d'impianto (intervallo e durata).
- Analisi dell'impatto dei carichi di lavoro staff sulla struttura di manutenzione.
- Previsione dell'effetto delle misure di ridondanza e duplicazione delle apparecchiature.
- Sviluppo di strategie di limitazione dei guasti attesi.
- Esecuzione di analisi preliminari di criticità per gli impianti.
- Ottimizzazione dell'affidabilità nelle fasi di progettazione attraverso l'analisi di una
- Vasta gamma di scenari.

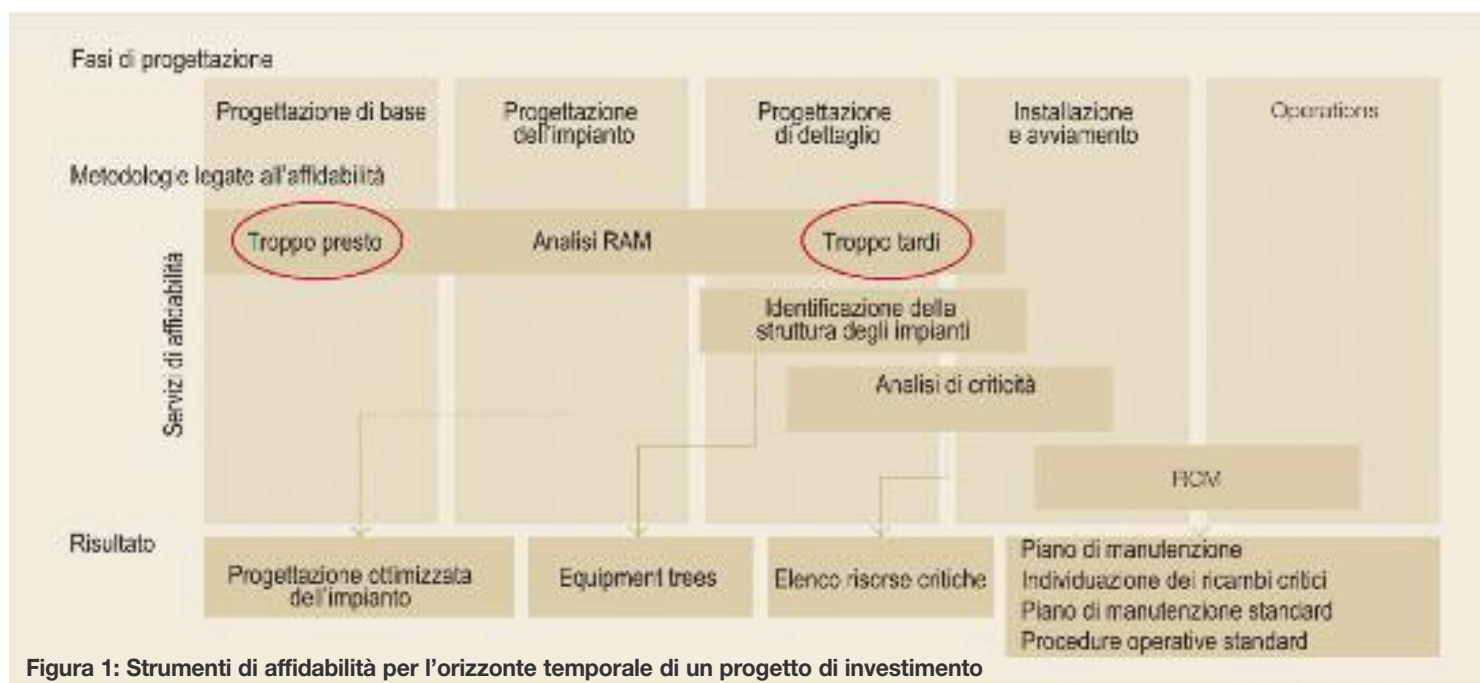
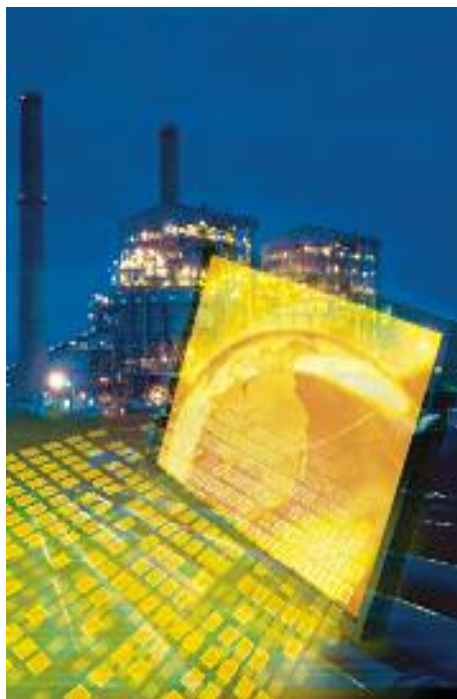


Figura 1: Strumenti di affidabilità per l'orizzonte temporale di un progetto di investimento



Con la definizione equipment tree si fa riferimento alla struttura gerarchica che individua tutte le risorse aziendali all'interno del sistema di gestione della manutenzione. Questa raffigurazione grafica evidenzia la posizione di una risorsa all'interno del sistema e del sito produttivo rispetto alle altre, secondo una gerarchia che tiene conto delle funzioni, della localizzazione geografica, della posizione e dell'importanza. Le gerarchie ad albero sono molto utili per analizzare in modo dettagliato alcuni aspetti come costi, affidabilità e tempi di inattività dei processi. I processi RCM (reliability-centered maintenance) prevedono

un'analisi sistematica dell'affidabilità, volta a individuare l'intervento più appropriato per ogni guasto, causa ed effetto. Solitamente questo tipo di analisi viene condotto verso le fasi finali del progetto di investimento per sviluppare strategie di manutenzione particolareggiate, pianificare la gestione delle scorte e programmare le attività di manutenzione preventiva e predittiva. L'analisi RCM è in genere preceduta dall'analisi RAM e dall'individuazione delle criticità. ABB Reliability Services offre un pool completo di strumenti di affidabilità e servizi di realizzazione di modelli per l'intero ciclo di vita del progetto di investimento.

Progettare l'affidabilità

Gli ingegneri che lavorano ai progetti di investimento (ad esempio per gli impianti di distribuzione dell'elettricità o per le unità di processo) solitamente sviluppano una serie di scenari progettuali e alternative per soddisfare le varie esigenze operative dei clienti. Ogni soluzione propone sostanzialmente un compromesso tra gli aspetti economici e di affidabilità: un sistema solido e altamente ridondante, con apparecchiature ausiliarie, può risultare molto oneroso in termini di investimento iniziale, ma interessante dal punto di vista dei costi del ciclo di vita, dei risparmi in termini di minori interruzioni di funzionamento, della riduzione delle occasioni di mancato profitto ecc.

Una simulazione RAM è la soluzione ideale

per analizzare e illustrare i vantaggi economici di ogni singolo scenario progettuale. La figura 2 mostra i classici modelli di compromesso nella progettazione dell'affidabilità per un sistema di distribuzione dell'energia elettrica per quattro carichi.

In questo 'case study' il modello RAM è stato realizzato conformemente alla direttiva IEEE 497 utilizzando la tecnica del minimal-cut-set (numero minimo di guasti) per determinare la mancata disponibilità, il numero di guasti e il tempo di inattività per ciascun carico concentrato. Contestualmente è stato definito anche l'investimento di capitale per ciascuna variante di progetto, al fine di mettere il management nelle condizioni di effettuare una scelta ottimale basata sul rapporto costo/affidabilità.

Il valore aggiunto delle analisi RAM

Il modello RAM rompe con gli schemi tradizionali dei modelli di processo, di simulazione e di ottimizzazione della programmazione lineare o stocastici, in quanto prevede l'analisi di un articolato complesso di interazioni tra i possibili guasti di un processo e si concentra sull'individuazione della disponibilità operativa attraverso simulazioni Monte Carlo. Data la sua natura prettamente statistica, all'analista è richiesto di sviluppare distribuzioni per numerosi parametri di input. Tra le sue peculiarità, vi è la possibilità di realizzare modelli di sensibilità, variando i dati di input in un campo di valori che rientrano nel range delle probabilità. Grazie ai processi RAM gli ingegneri sono in grado di classificare le variabili e gli scenari di progettazione, valutare l'impatto delle modifiche future o di quelle suggerite per le attività attuali, realizzare modelli per gestire carenze di ricambi o di personale di manutenzione, prevedere i tempi di attività, inattività e di rallentamento degli impianti e fornire una visione strategica del rendimento dei processi per intervalli più lunghi. Le analisi RAM si rivelano spesso utili per rispondere alle domande seguenti: quali sono i potenziali

Nome/posizione	Indisponibilità media	Disponibilità media	Numero medio di guasti in 10 anni	Guasti all'anno	Inattività all'anno (ore)	MTBF	
Sub A carico (set 1)							Giorni
				Spese di ammodernamento = 650.000 \$			
Opzione 8				Spese di progettazione = 2.000.000 \$			
Opzione 8A				Spese di progettazione = 2.700.000 \$			

Figura 2: Studio di progettazione dell'affidabilità di un impianto di distribuzione dell'elettricità



Figura 3: Grafico di classificazione dell'importanza per un sistema a cinque componenti

colli di bottiglia rappresentati da componenti e processi critici? Quale apparecchiatura presenta il rischio più elevato di guasto operativo? Cosa comporta in termini di produzione e di costi aggiungere o rimuovere un'apparecchiatura? Quali sono gli scenari 'What-if' e le relative previsioni? Quali sono i singoli punti di potenziale guasto? Come influiscono le variazioni nei cicli di esercizio, le limitazioni della vita utile, i componenti usurabili o gli ambienti e le condizioni sull'affidabilità e sulla disponibilità di un sistema?

Il processo RAM

Per utilizzare con efficacia il modello RAM è indispensabile interpellare tutti i reparti di progettazione e far sì che il team di progetto, compresi gli addetti al funzionamento e alla manutenzione, siano profondamente coinvolti nello sviluppo del modello. Il processo descritto di seguito prevede un approccio consulenziale di elevato livello e richiede un alto grado di impegno.

Il processo RAM di ABB comprende cinque operazioni base e si configura come un metodo semplice, altamente ripetibile e riproducibile. La caratteristica principale di questo metodo consiste nel fatto che il modello RAM sviluppato è condiviso tra le varie discipline di progettazione (di processo, elettrica, meccanica, strumentale e gestiona-

le). La suddivisione delle competenze per ciascuna operazione dell'approccio ABB è illustrata nella **Factbox 2**. Un'analisi RAM viene spesso considerata come un esame generale dei rischi legati a un progetto di investimento, volto a delinearne la portata in termini operativi e di affidabilità. Questo strumento risulta efficace per realizzare strategie Six Sigma, ottimizzare la supply chain (modello di affidabilità dei processi) e attuare operazioni di ristrutturazione e risanamento presso aziende leader in ambito internazionale, oltre che un valido mezzo per integrare i concetti di progettazione dell'affidabilità nei piani di investimento.

Definizione quantitativa di rischio

Le analisi RAM sono validi strumenti quantitativi che forniscono ai team di progettazione una classificazione degli indici e dei valori di importanza per un sistema di componenti. La figura 3 mostra la modalità di analisi dell'importanza dell'affidabilità in un sistema a cinque componenti per ciascuna tipologia di guasto. Il valore di importanza dell'affidabilità di ciascun componente ne misura il peso rispetto al valore di affidabilità dell'intero sistema. Nel sistema illustrato in figura, le parti C e D sono quelle con il maggiore impatto sull'affidabilità complessiva del siste-



ma. Di conseguenza il progettista potrebbe ritenere necessario adottare adeguate misure di ridondanza, duplicazione e ottimizzazione per i componenti altamente importanti dal punto di vista dell'affidabilità.

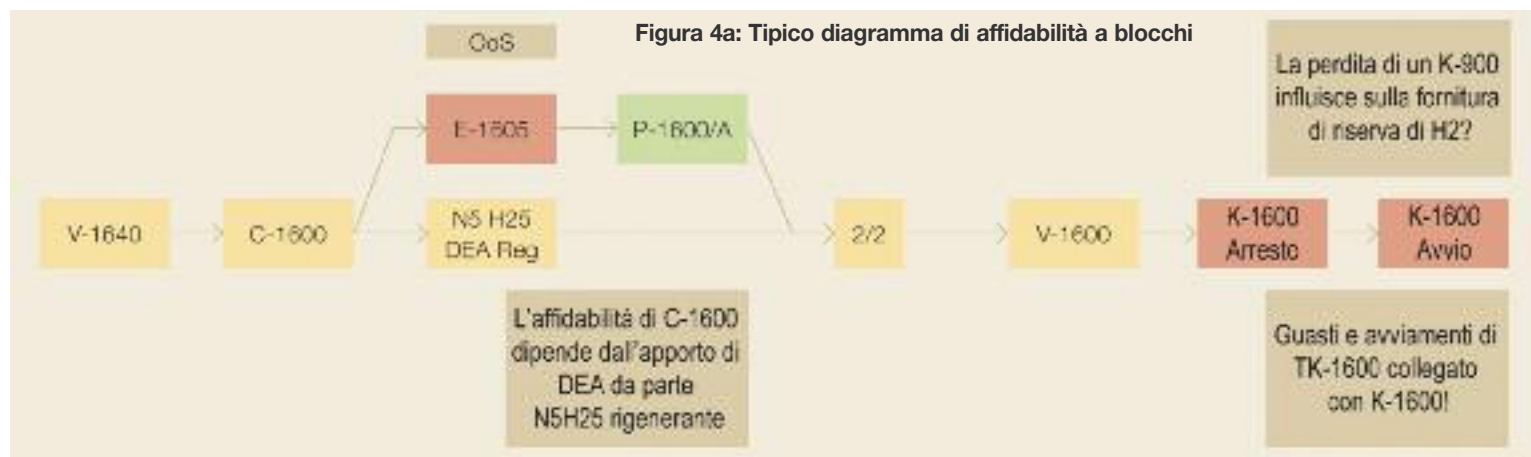
Diagramma a blocchi dell'affidabilità

Le figure 4a e 4b mostrano rispettivamente un diagramma a blocchi e i risultati della simulazione per una piccola sezione di un classico impianto di raffinazione.

L'impianto viene riprodotto schematicamente sotto forma di blocchi caratteristici.

Factbox 2: l'approccio RAM di ABB

- Raccolta dei dati.
- Registro risorse degli asset.
- Tassonomia delle apparecchiature basata su struttura, modalità di guasto e manutenibilità.
- Tassi storici e stimati per tipologia di guasto.
- Tempi di ripristino e riparazione stimati.
- Tempi medi di ritardo logistico (disponibilità ricambi, staff, disponibilità risorse, pianificazione lavoro, ecc.).
- Sviluppo delle correlazioni tra risorse (reti di affidabilità).
- Impatto dei guasti su produzione, produttività, sicurezza, ecc.
- Modalità di danneggiamento dei materiali e relativo impatto sulla durata delle risorse.
- Modelli di manutenzione preventiva preliminare.



Generalità	
Disponibilità operativa media (tutti gli eventi)	0.9347
Numero atteso di guasti	23.06
MTTF (Mean time to first failure)	156.3 days
Attività / inattività / rallentamento sistema	
Attività	1713 days out of 1825 days
Inattività	90 days
Rallentamento	22 days
Eventi di arresto / rallentamento dell'impianto	
Arresto	16.4
Rallentamento	17.6

Figura 4b: Risultati tipici di una simulazione

L'analisi RAM fa uso di colori convenzionali per raffigurare l'importanza di ciascun blocco all'interno del diagramma dal punto di vista dell'impatto operativo, ovvero arresto completo, rallentamento dell'attività, arresto parziale, avvio momentaneo, indisponibilità prolungata e nessun impatto. Progettisti RAM esperti documentano i diversi scenari e gli impatti dei fattori esterni su ciascun blocco mediante numerose tecniche tra cui blocchi concentrati, blocchi incapsulati, blocchi a specchio, diagrammi di fase, nodi, blocchi evento, blocchi di asset, cluster, configurazione di arresto, distacco di carico, buffering e limiti delle risorse.

L'esperienza di ABB

Dalle analisi RAM condotte presso clienti con esigenze impegnative è emersa una serie di problematiche di importanza critica per il successo della valutazione dei rischi in caso di guasti a sistemi complessi.



Svolgere un'analisi RAM non significa semplicemente condurre un esercizio di progettazione con operazioni numeriche com-

plicate, bensì dedicarsi intensamente a un'attività multidisciplinare, all'interno della quale i vari membri del team illustrano collettivamente i profili dei rischi operativi e degli eventi per i quali occorre realizzare il modello. È evidente che questa attività non si può sviluppare con un approccio a compartimenti stagni in quanto richiede un elevato livello di collaborazione.

Le analisi RAM rappresentano un elemento fondamentale per il momento decisionale della fase di pianificazione FEED dei progetti di investimento. I risultati di questi studi possono essere utilizzati per prendere decisioni economiche riguardo la scelta dello scenario progettuale 'best case', definire il fabbisogno di manodopera stimato per la manutenzione e prevenire adeguatamente l'affidabilità e la disponibilità del sistema a lungo termine. L'analisi RAM è uno dei numerosi strumenti e metodi a disposizione degli analisti di settore. Per sviluppare un sistema a elevata affidabilità nell'ambito di un progetto di investimento, questa analisi deve essere applicata congiuntamente ad altri strumenti di affidabilità, come i processi RCM (Reliability-centered maintenance), le analisi FMEA (Failure mode and effects analysis), le analisi di criticità, le gerarchie di asset e progettazioni, gli studi di resistenza a fatica.

Testo tratto da ABB Special Report Process Automation Services & Capabilities, riadattamento a cura di F. Niccolaini/APS