

# L'ANALISI RAMS NEL MONDO FERROVIARIO: LA SITUAZIONE ATTUALE E LE RELATIVE PROBLEMATICHE

Elisa Ruscello<sup>□</sup>, Andrea Carpignano\*

<sup>□</sup>Società: RAMS&E p.s.c.a.r.l. , via P.C. Boggio 71/A, 10129 Torino (Italy)

<sup>□</sup>[mailto: e.ruscello@libero.it](mailto:e.ruscello@libero.it) - fax +39 011 9561867

\*Politecnico di Torino, Dip. di Energetica, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italy

\*[mailto: acarpignano@polito.it](mailto:acarpignano@polito.it)

## 1. SOMMARIO

L'articolo che viene qui proposto intende affrontare le problematiche connesse all'analisi RAMS nel settore ferroviario ed in particolare la posizione dei costruttori di impianti per veicoli ferroviari. Verranno discusse le metodologie, i principi guida seguiti, le problematiche relative a questo tipo di analisi nel panorama ferroviario ed i possibili sviluppi metodologici.

L'analisi RAMS è entrata a far parte del mondo ferroviario solo di recente, in paragone con altri settori industriali.

Uno sguardo al panorama normativo nazionale ed europeo mostra come, relativamente al settore ferroviario, vi sia tuttora una certa disuniformità nell'approccio alla RAMS, la normativa fornisce spesso soltanto linee guida da seguire in via generale.

Si intende successivamente esaminare il ruolo dell'analista RAMS lungo le diverse fasi di una commessa verso il costruttore del treno: a partire dalla fase di offerta e la successiva stipula del contratto, seguite dalla progettazione e produzione dell'impianto, ed infine la consegna ed installazione dello stesso sul treno.

## 2. LA NORMATIVA

In ambito europeo sono state varate (o stanno per esserlo a breve) alcune normative riguardanti il settore ferroviario, in particolare in merito alla sicurezza ed affidabilità (EN50126, EN50128, EN50129).

La normativa EN 50126 stabilisce delle linee guida per la realizzazione dell'attività RAMS lungo tutto il ciclo vita di un prodotto ferroviario, ed è un primo passo verso la progressiva unificazione delle normative europee in materia, nell'ottica del raggiungimento dell'interoperabilità ferroviaria all'interno della Comunità Europea. L'attività RAMS viene qui concepita per accompagnare il prodotto attraverso tutta la sua vita, dalla definizione dei suoi requisiti, alla sua concezione, realizzazione e funzionamento.

Questa normativa è da ritenersi applicabile ad ogni tipo di prodotto destinato ad operare nel settore ferroviario, si tratti di un impianto fisso (infrastruttura), di un treno oppure anche solo di un impianto che lo compone, e per poter garantire questa applicabilità a sistemi tra di loro anche molto differenti, deve necessariamente concepire un approccio comune a tutti i possibili impianti per materiale ferroviario. L'approccio deve essere quindi di carattere generale e non specifico.

Come accennato sopra, la norma EN50126 enfatizza il fatto che l'attività RAMS debba essere svolta *lungo tutto il ciclo di vita del prodotto*, dalla sua concezione al suo smaltimento, e che ogni fase debba essere corredata di adeguati studi ed analisi che provino che il prodotto avrà le prestazioni

RAMS previste o prescritte. L'obiettivo è quindi la costituzione del "RAMS Case", un vero e proprio dossier relativo ad un certo prodotto.

Recentemente la norma EN50126 è stata corredata di una Guida Applicativa per quanto riguarda gli aspetti RAM (che hanno impatto soprattutto sui costi di gestione) per il materiale rotabile e a breve sarà fatto altrettanto per quanto attiene la Sicurezza. A tale proposito è bene notare che, in ambito europeo, l'argomento Sicurezza è ancora molto legato alle disposizioni di legge in materia dei singoli Paesi membri e che spesso le differenze tra Paese e Paese sono notevoli (spesso si tratta di differenze di carattere culturale o storico). Un passo molto importante in questo senso sarà la creazione di *norme armonizzate sulla Sicurezza*, che daranno i benefici attesi nel momento della loro accettazione e ratifica in ogni Paese membro.

Dato il suo carattere generale, la EN50126 non dà elementi specifici né tantomeno esprime requisiti quantitativi. La specificazione dei limiti da rispettare è ovviamente lasciata al singolo progetto, ed è comunemente compito dell'Esercente finale la definizione dei requisiti.

Elementi più precisi, relativi però ai soli aspetti di sicurezza, si possono trovare nelle norme EN50129 ed EN50128, rispettivamente relative allo sviluppo di apparecchiature elettriche/elettroniche di sicurezza per il segnalamento ferroviario e allo sviluppo di software per applicazioni di sicurezza. Tali norme derivano in gran parte dalla nota IEC61508, valida per tutte le applicazioni in genere di apparecchiature elettriche ed elettroniche di sicurezza.

### **3. L'ANALISI RAMS DURANTE IL CICLO DI VITA DEL PRODOTTO**

Si intende qui di seguito esaminare il ruolo dell'analista RAMS lungo le diverse fasi di una commessa relativa alla fornitura di un impianto di bordo per un veicolo ferroviario. Si tratta quindi di un rapporto di fornitura che si stabilisce tra un'azienda costruttrice (fornitore) ed il cliente (costruttore dell'intero veicolo). Il rapporto nasce nella fase di offerta e prosegue con la stipula del contratto, le fasi di progettazione e produzione dell'impianto, per terminare con la consegna, l'installazione e la verifica di conformità alle specifiche.

#### **3.1. L'ANALISI RAMS IN FASE DI OFFERTA**

Nel momento in cui una società di trasporto o ente ferroviario richiede al costruttore una fornitura, definisce nel capitolato di gara i requisiti che il sistema dovrà rispettare e le caratteristiche che dovrà avere. Tra questi vi sono anche i requisiti RAMS, ovvero requisiti di affidabilità, disponibilità, manutenibilità e sicurezza dell'impianto in oggetto. I limiti stabiliti dal committente per questi parametri sono volti ad assicurare che il treno sia affidabile, cioè che si guasti poco; che raggiunga determinati livelli di disponibilità, esercitando con costanza la sua funzione e limitando al massimo situazioni in cui si sia costretti a sospendere il servizio; che sia facilmente manutenibile, attraverso semplici operazioni, con tempi di fermo macchina ridotti sia in relazione alla manutenzione programmata che in riferimento alla manutenzione correttiva. E, ovviamente, che il sistema sia sicuro, ovvero che il rischio connesso con il suo esercizio sia minimizzato, ove per rischio si intende il rischio di danni alle persone (passeggeri, personale e passanti) ed all'ambiente o strutture circostanti causati da malfunzionamenti del sistema.

Il costruttore del treno, il quale a sua volta si rivolge ai suoi fornitori per la realizzazione dei diversi sottosistemi (freno, trazione, condizionamento, etc..) suddivide e ripartisce tra i vari impianti questi requisiti, affinché essi siano realizzati in modo tale che la loro composizione sul treno consenta al sistema di soddisfare le specifiche, come mostrato in figura 1.

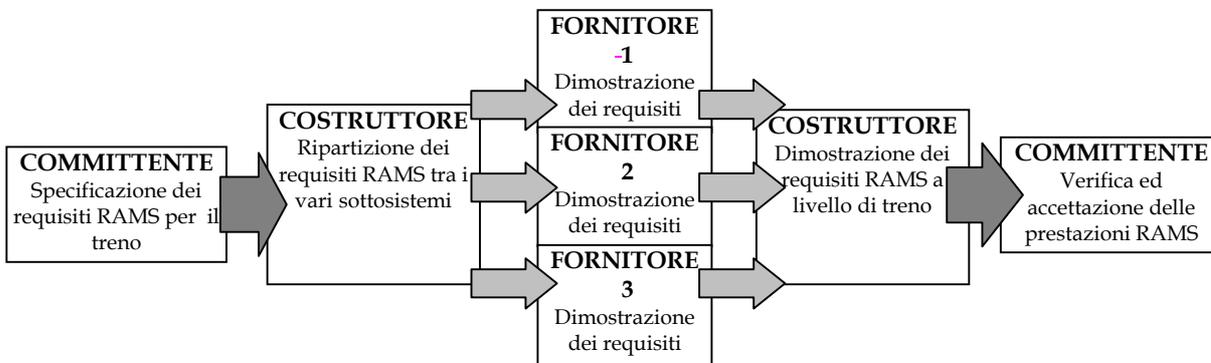


Figura 1

Ripartizione ed allocazione dei requisiti RAMS per un treno

Il fornitore di un sottosistema dovrà, successivamente all'accettazione della commessa, dare dimostrazione del raggiungimento dei requisiti così specificati dal cliente; questi sono i processi fondamentali attraverso cui si articola l'attività RAMS nell'interazione tra fornitore e cliente: la specificazione dei requisiti RAMS da parte del committente e la loro dimostrazione da parte del fornitore.

La difficoltà maggiore in questa fase, consiste nella ripartizione dei requisiti RAMS tra i vari sottosistemi: occorre infatti al tempo stesso mantenere una visione globale del sistema per non perdere d'occhio l'obiettivo complessivo, ed avere nel contempo un adeguato grado di conoscenza dei singoli sottosistemi, onde evitare di stabilire requisiti troppo stringenti e costosi da raggiungere per quel particolare impianto, oppure requisiti eccessivamente generosi, che non avrebbero grande significatività dal punto di vista prestazionale e dello sviluppo tecnologico.

Occorre anche tenere presente che gli stessi requisiti RAMS si trovano spesso in "competizione" tra loro: ad esempio un sistema estremamente affidabile dal punto di vista di *raggiungimento della missione* (ricco di ridondanze ad esempio) avrà una certa tendenza ad essere meno affidabile dal punto di vista *globale*, a causa dei guasti, che sono più probabili su apparecchiature complesse o ridondate. Questo causerà aumentati costi di riparazione e, in definitiva, dell'LCC. Appare dunque evidente l'importanza di saper dosare gli "ingredienti" RAMS, per ottenere un sistema equilibrato. Una corretta gestione dei conflitti tra i vari requisiti deve partire dalla fase di definizione dei requisiti del sistema, attraverso la ripartizione di tali requisiti tra i vari sottosistemi, sino al concepimento e realizzazione degli stessi.

L'impianto durante il suo esercizio dovrà rispettare i requisiti stabiliti nel contratto, pena il pagamento di onerose penali da parte del costruttore e, in seconda istanza, del fornitore dell'impianto. Il sistema viene quindi sottoposto, dopo l'entrata in esercizio, ad un periodo di validazione, durante il quale il cliente verifica l'effettiva corrispondenza del sistema alle caratteristiche RAMS concordate con il costruttore in fase contrattuale e successivamente dimostrate dal costruttore stesso con le analisi del caso. È dunque fondamentale per il costruttore e per tutti i suoi fornitori riuscire a valutare già in fase di offerta, spesso entro tempi ristretti, i requisiti RAMS espressi, onde coadiuvare efficacemente il compito del progettista ed arrivare alla definizione di un prodotto conforme alle aspettative. È opportuno altresì identificare tempestivamente i requisiti più stringenti per evitare successivi rischi economici (penali) e per

evitare di dover ricorrere a soluzioni tecniche troppo costose anche al fine di consentire al cliente di avere un prodotto bilanciato nei costi e nelle prestazioni. Questo è il primo momento in cui l'analista RAMS di un'azienda costruttrice di sotto-sistemi si interfaccia con il costruttore del treno; la sua attività in questo frangente è indispensabile al fine di minimizzare il rischio contrattuale connesso con queste problematiche e nel contempo massimizzare la competitività del prodotto. Non bisogna dimenticare infatti che le caratteristiche RAMS di un prodotto sono a tutti gli effetti caratteristiche prestazionali, cioè caratteristiche che influenzano la qualità del servizio, come ribadito nella EN 50126.

Le difficoltà che il fornitore incontra in questa fase risiedono soprattutto nei brevi tempi associati alla fase di offerta: ciò non dà modo di affrontare il problema in modo sistematico e dettagliato, occorre pertanto procedere con una valutazione preliminare approssimata delle prestazioni RAMS. Ci si può avvalere solo in parte di analisi precedenti su prodotti simili; infatti, anche quando il sistema offerto sia simile ad altri già in servizio, le inevitabili modifiche e le differenti condizioni di esercizio cui il prodotto va incontro nelle diverse applicazioni influenzano le prestazioni RAMS imponendo così di realizzare l'analisi ex novo. Nelle fasi preliminari al contratto si rivela perciò indispensabile il giudizio dell'esperto nella valutazione dei requisiti del sistema.

Vengono esaminate le problematiche inerenti la relazione tra RAMS e LCC (Life Cycle Cost) e le conflittualità tra i rispettivi requisiti contrattuali. Accanto ai requisiti RAMS di un impianto, vi sono i requisiti LCC. Il Life Cycle Cost per impianti ferroviari è uno strumento per la valutazione del costo complessivo del prodotto lungo tutta la sua vita utile; durante l'analisi LCC vengono anche considerati, tra gli altri, tutti i costi diretti relativi alla manutenzione (ispezioni periodiche, revisioni e riparazioni). Esiste dunque una relazione stretta tra RAMS ed LCC poiché l'affidabilità e la manutenibilità del sistema vengono quantificate nell'LCC in termini monetari; il sistema deve essere al contempo affidabile e poco costoso. A tal fine si utilizzano tecniche di ottimizzazione della manutenzione come la RCM (Reliability Centered Maintenance). I requisiti LCC sono soggetti alle stesse considerazioni espresse sopra per i parametri RAMS.

### **3.2. IL RUOLO DELL'ANALISTA RAMS DURANTE LA PROGETTAZIONE**

Una volta iniziata la progettazione, l'analista lavora in collaborazione con i progettisti, per arrivare al raggiungimento dei requisiti stabiliti. Ci si avvale in questa fase dei metodi tradizionalmente utilizzati per l'analisi RAMS. In particolare si possono citare la FMECA, la Fault Tree Analysis, e la Preliminary Hazard Analysis. In parallelo con l'attività RAMS, l'analista porta avanti l'analisi del costo di ciclo vita del prodotto (LCC), in modo da riuscire a trovare il giusto equilibrio tra costo del prodotto e l'affidabilità dello stesso e in maniera tale da identificare le aree critiche.

Come accennato in precedenza infatti, esiste una stretta relazione tra i parametri RAMS ed i parametri LCC di un prodotto in quanto nell'analisi del costo di ciclo vita l'affidabilità e la manutenibilità vengono monetizzate. Le tecniche RCM (Reliability Centered Maintenance) permettono di ottimizzare la manutenzione dell'impianto nell'ottica del mantenimento del livello di affidabilità del prodotto, le tecniche LORA (Level Of Repair Analysis) permettono di migliorare la manutenibilità dello stesso sin dalle fasi preliminari della progettazione. Queste due tecniche sono gli strumenti utilizzati in parallelo alla progettazione per definire i piani manutentivi del prodotto, cioè i "calendari" della manutenzione programmata che verranno prescritti tramite gli appositi manuali di manutenzione.

Approfondiamo il discorso. La durata e il periodo di ricorrenza delle operazioni di manutenzione preventiva e di riparazione (ispezioni, verifiche funzionali, revisioni e riparazioni), influenzano la disponibilità del sistema in due sensi. Da un lato la manutenzione preventiva è tesa

ad evitare guasti a componenti del sistema e quindi a mantenerne la sua funzionalità per minimizzare fermi macchina imprevisti, riducendo così l'indisponibilità intrinseca dovuta a guasti occorrenti all'impianto fornito; dall'altro lato tuttavia le operazioni di manutenzione preventiva stabiliscono che il sistema si debba fermare con una certa frequenza e per una certa durata, riducendo di fatto la possibilità di realizzare la sua funzione e quindi la sua disponibilità operativa. Ottimizzare la manutenzione attraverso tecniche centrate sull'affidabilità (Reliability Centered Maintenance) permette di trovare il giusto equilibrio tra manutenzione preventiva e manutenzione correttiva, e consente di focalizzare l'attenzione sulla prevenzione dei guasti che realmente vanno ad intaccare la disponibilità del sistema, evitando di fare manutenzione preventiva inutile e costosa nei confronti di guasti minori che non compromettono la funzionalità stessa dell'impianto.

Esaminando il problema dal punto di vista del costo di ciclo vita, si vede come la durata ed il periodo di ricorrenza delle operazioni di manutenzione preventiva e di riparazione influenzino il costo d'esercizio del sistema. Anche qui, occorre valutare sino a che punto conviene economicamente attendere il guasto del sistema oppure prevenirlo, e trovare un punto di equilibrio ottimale.

Tutto quanto è stato sin qui detto, costituisce una situazione di optimum teorico; ma non sempre l'equilibrio ottimale dal punto di vista della disponibilità del sistema coincide con l'equilibrio ottimale dal punto di vista del costo di ciclo vita: anche qui occorre effettuare un bilancio costi/benefici,

L'analisi RAMS-LCC su sistemi complessi come un treno pone altre problematiche aggiuntive, legate al fatto che esso si compone di un insieme di sottosistemi diversi tra loro, con differenti caratteristiche di affidabilità e disponibilità, e con diverse esigenze manutentive. Se si osserva la situazione dal punto di vista del sistema complessivo, si nota come gli intervalli ottimali di manutenzione di impianti diversi, possano non coincidere e questo rappresenta un problema a livello treno in quanto comporta una riduzione della sua disponibilità in conseguenza dei ripetuti fermi macchina per la manutenzione preventiva. Si evince da questo discorso come, nonostante sui singoli impianti si possa raggiungere un punto di equilibrio ideale per massimizzare la disponibilità del singolo impianto, non è detto che questo sia sufficiente a raggiungere i parametri migliori a livello di treno.

Nella realtà, per raggiungere l'optimum a livello globale (treno) si procede con una sorta di *top-down* in fase di gara il costruttore del treno offre al committente un sistema caratterizzato da determinati requisiti RAMS, il treno proposto deve risultare vincente sugli altri, e cioè deve essere, fatta salva la sicurezza, più affidabile, più disponibile e al tempo stesso meno costoso degli altri offerti. Il costruttore del treno definisce dunque in fase di offerta, sulla base del giudizio degli esperti RAMS (in quanto le informazioni relative al sistema offerto non sono sufficienti a fare una stima), le periodicità secondo cui stabilisce che il treno si fermerà per la manutenzione programmata. Queste tempistiche sono fissate per fare in modo che i requisiti di disponibilità e costo di ciclo vita del treno siano rispettati. La manutenzione programmata dei singoli impianti presenti sul treno dovrà attenersi quindi a questa tabella di marcia, anche se essa non rappresenta la situazione di optimum per ogni particolare impianto. I singoli sottosistemi saranno quindi progettati tenendo presente che essi potranno fermarsi per la manutenzione programmata soltanto nel rispetto dei tempi stabiliti dal costruttore. Si ha, in altre parole, la definizione a priori di un calendario della manutenzione, col quale ogni singolo fornitore dovrà "sincronizzarsi".

Bisogna comunque osservare come l'esercizio del sistema treno, a differenza di altri impianti tecnologici (ad es. un laminatoio) presenta dei tempi di non operatività fisiologici (la maggior parte del materiale rotabile è caratterizzata da una missione a carattere giornaliero con riposo notturno in deposito), questo facilita la realizzazione di piccole operazioni di manutenzione durante la notte senza dover sospendere il servizio, cosa che per un laminatoio comporterebbe comunque un fermo macchina con un conseguente costo per la mancata produzione ed eventuali altri costi legati al fermo macchina stesso (molti impianti industriali non possono interrompere il ciclo produttivo in modo non pianificato).

La tendenza attuale per quanto riguarda la manutenzione degli impianti ferroviari è quella della progettazione e realizzazione di impianti a carattere modulare. La modularità del sistema

offre infatti la possibilità di concepire un tipo di manutenzione che preveda la sostituzione sul treno del pezzo da mantenere con uno uguale ma nuovo o già revisionato. La manutenzione vera e propria sul componente guasto verrà poi effettuata sul modulo sostituito in un secondo tempo, senza compromettere quindi la possibilità da parte del treno di riprendere il servizio (manutenzione di tipo “pit stop”). In quest’ottica si può dunque affermare che una maggiore modularità di un impianto corrisponde ad una maggior disponibilità del treno.

L’analisi LORA (Level Of Repair Analysis) può consentire di valutare se per una particolare applicazione sia più vantaggioso studiare un approccio manutentivo di questo tipo rispetto ad un approccio manutentivo sul treno. La valutazione viene fatta sulla base di parametri quali le tempistiche stabilite dal costruttore per il fermo macchina, il costo di acquisto ed immobilizzazione dello stock di ricambi che devono essere disponibili sul posto, le attrezzature necessarie per la realizzazione della manutenzione ed il livello di specializzazione richiesto ai manutentori di prima linea (vedi tabella 1).

PARAMETRO	Manutenzione sul treno	Manutenzione tipo “pit stop”
Fermo macchina	+	-
Costo stock	-	+
Equipaggiamento necessario	+	-
Livello di preparazione del manutentore	+	-

Tabella 1

Caratteristiche richieste ai vari parametri secondo il tipo di manutenzione ( il segno + indica una maggior quantità richiesta per quel parametro, il segno meno una minore quantità)

#### 4. L’AFFIDABILITA’ LOGISTICA E L’AFFIDABILITA’ DI MISSIONE

Come già accennato, tra i vari requisiti di un prodotto vi sono generalmente quelli di affidabilità “logistica” (o basica) e di affidabilità di missione (o di esercizio). Per affidabilità logistica del sistema si intende la probabilità (nell’unità di tempo) che il sistema non subisca guasti di alcun genere, mentre per affidabilità di missione si intende la probabilità che il sistema non subisca guasti che ne compromettano la capacità di completare il servizio secondo le caratteristiche stabilite. Si evince facilmente che il parametro più significativo per un veicolo ferroviario è costituito dall’affidabilità di esercizio, che consente di valutare l’effettiva indisponibilità del sistema allo svolgimento della sua funzione primaria. Il “fallimento” di una missione (cioè l’incapacità del treno di portare a termine l’esercizio) può essere causato dal guasto singolo o da una combinazione di guasti. Non dimentichiamo infatti che pochi modi di guasto singolo portano ad una sospensione della missione, grazie alle architetture adottate: ridondanze, sistemi di emergenza, uso di funzioni distribuite, ecc. In genere l’adozione di misure che aumentano l’affidabilità di missione di fatto aumentano anche la complessità del sistema, e questo provoca inevitabilmente un innalzamento della difettosità totale.

Gli impianti frenanti per materiale rotabile fanno uso delle tecniche appena citate per il miglioramento dell’affidabilità di esercizio. Nella fase di progetto, attraverso l’adozione di sistemi modulari, più robusti al guasto singolo, e di opportune ridondanze, indipendenti tra di loro e

difficilmente soggette a cause di guasto comune, si costruiscono le architetture adeguate per il soddisfacimento dei requisiti.

## 5. LE PROBLEMATICHE CONNESSE CON L'ANALISI RAMS NEL SETTORE FERROVIARIO

Una delle problematiche più diffuse nel settore ferroviario, come del resto anche in molti altri settori industriali, è la limitata significatività dei numeri attribuiti ai tassi di guasto dei vari componenti il sistema. I tassi di guasto sono infatti fortemente influenzati dalle condizioni al contorno dell'applicazione: tipologia di sistema (treno, locomotiva, metropolitana, tram.), profilo di missione (e quindi duty cycle a cui il componente è sottoposto), condizioni ambientali e climatiche differenti, intervalli di manutenzione differenti (legati ai fermo macchina previsti dal costruttore del treno). Il tasso di guasto relativo ad un singolo componente assume perciò un valore puramente indicativo dell'ordine di grandezza con cui il componente tende a guastarsi o comportarsi in modo anomalo. Questo valore risulta tuttavia sufficientemente rappresentativo nella costruzione degli alberi dei guasti con i quali si calcola l'affidabilità di esercizio, parametro in genere più importante di quella basica.

## 6. L'ANALISI DI SICUREZZA

L'analisi di sicurezza in particolare è volta allo studio della probabilità che si verifichino guasti dell'impianto in oggetto, che possano condurre ad uno stato di ridotta sicurezza del treno. Fattori che possono influire sul grado di sicurezza del sistema treno sono tipicamente i guasti (casuali e sistematici) ed i fattori umani. Per quanto riguarda questi ultimi, l'analisi del costruttore è focalizzata sui possibili errori operativi in fase manutentiva, in quanto le prescrizioni manutentive e le relative procedure vengono realizzate direttamente da esso, o prescritte tramite i manuali di manutenzione del prodotto. Errori umani commessi al di fuori della fase manutentiva non sono tenuti in considerazione dal subfornitore in quanto difficilmente prevedibili e quantificabili; una tale valutazione può essere effettuata con efficacia dal costruttore del treno eventualmente in collaborazione con l' esercente.

Allo stesso modo non vengono analizzate, salvo casi particolari, le interazioni con altri impianti di bordo, per esempio eventuali effetti domino con altri sistemi ed ugualmente non si studiano le eventuali interazioni dell'impianto con le sostanze trasportate sul treno. Queste analisi devono necessariamente essere effettuate ad un livello di integrazione più elevato, laddove cioè sono raccolte ed elaborate le informazioni complessive.

L'analisi di sicurezza viene in genere svolta come *valutazione del rischio*. In questo studio la *gravità* di un determinato rischio che si verifichi un evento indesiderato viene quantificato come il prodotto di due fattori: la *probabilità* di accadimento di tale evento e *l'entità delle conseguenze* attese. A tal proposito la normativa EN50126 propone una matrice di rischio che ben raffigura questo concetto, come mostrato in tabella 2.

Il sistema illustrato sopra è quello attualmente adottato nella maggior parte dei casi. L'analisi di sicurezza può tuttavia essere condotta con metodi diversi, specialmente in considerazione del fatto che, come già accennato, in molti Paesi vengono utilizzati criteri diversi tra loro (esempi: principio ALARP-Gran Bretagna, GAME/GAMAB-Francia, MEM-Germania). A livello comunitario sono in corso dei progetti per la armonizzazione dell'approccio alla sicurezza in quanto la frammentazione in questo settore è ancora vista come un ostacolo all'interoperabilità ferroviaria. L'orientamento che si va consolidando è quello già in uso negli altri settori industriali (vedi IEC61508 per le apparecchiature elettriche ed elettroniche di sicurezza e recente direttiva 97/23/CE sui prodotti e gli impianti pressurizzati) della definizione di diversi *livelli di sicurezza* (in genere 4) con cui valutare una data funzione, a seconda della sua criticità. Tramite un'analisi dei rischi di alto livello (processo top-down), per ogni funzione del sistema viene determinata la sua criticità (cioè l'impatto sulla sicurezza nel caso di un suo malfunzionamento) e di conseguenza le è attribuito un

livello di sicurezza. A questo punto entrano in gioco *le norme di sviluppo* prescritte per quel dato livello di sicurezza. In generale si può dire che all'aumentare del livello di sicurezza attribuito aumentano i passi del processo di sviluppo (specificazione, progettazione, costruzione, validazione) ed aumenta il "livello di qualità" relativo (tipologia della documentazione, indipendenza delle funzioni aziendali coinvolte, eventuale certificazione di parte terza, ecc.).

Frequenza di accadimento di una situazione pericolosa	Livelli di rischio			
	Frequente	Indesiderabile	Intollerabile	intollerabile
Probabile	Tollerabile	Indesiderabile	intollerabile	intollerabile
Occasionale	Tollerabile	Indesiderabile	Indesiderabile	Indesiderabile
Remoto	Trascurabile	Tollerabile	Indesiderabile	Indesiderabile
Improbabile	Trascurabile	Trascurabile	Tollerabile	Tollerabile
Inverosimile	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile
	<b>Insignificante</b>	<b>Marginale</b>	<b>Critico</b>	<b>Catastrofico</b>
	<b>Livelli di gravità delle conseguenze della situazione pericolosa</b>			

#### Valutazione del rischio

Intollerabile
Indesiderabile
Tollerabile
Trascurabile

#### Riduzione/controllo del rischio

Deve essere eliminato

Deve essere accettato solo quando la riduzione del rischio è impraticabile e con l'accordo dell'Autorità Ferroviaria

Accettabile con controllo adeguato e con l'accordo dell'Autorità Ferroviaria

Accettabile

Tabella 2

Esempio di valutazione e accettazione del rischio mediante matrice di rischio

## 7. CONCLUSIONI

Si è evidenziato in questo articolo come all'analista RAMS operante nel settore del materiale ferroviario sia ormai richiesto di seguire il prodotto lungo tutto il suo ciclo vita. Egli deve anche essere in grado di saper valutare congruamente in termini economici il costo dell'affidabilità raggiunta oppure della mancata affidabilità, per poter offrire un prodotto competitivo sul mercato.

Nel mondo ferroviario la produzione avviene su commessa e spesso l' esercente richiede specificamente che siano realizzate determinate soluzioni tecnologiche perché nel proprio Paese determinate problematiche vengono tradizionalmente risolte in quel particolare modo. Questo provoca una notevole diversità tra i sistemi prodotti e tra le soluzioni tecnologiche adottate. Si comprende quindi come in un panorama di questo tipo, dove ogni sistema prodotto differisce dal

precedente in quanto quasi “ritagliato su misura” per la particolare applicazione, il giudizio dell’esperto nella realizzazione delle analisi di affidabilità e sicurezza sia indispensabile. L’esperienza e la profonda conoscenza del mondo ferroviario rivestono dunque un ruolo più che mai di rilievo.

La disuniformità nella normativa nazionale dei vari Paesi, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti di sicurezza, non aiuta l’analista RAMS nel suo compito, è auspicabile che quanto prima si giunga ad una unificazione a livello europeo della materia, in modo tale che rischio ed accettabilità del rischio siano definiti univocamente almeno tra gli Stati membri della Comunità Europea.

## **8. RINGRAZIAMENTI**

Desidero ringraziare l’ing. Claudio Carpignano, responsabile dell’Area RAMS di SAB WABCO per il contributo dato alla stesura del presente articolo.

## **9. BIBLIOGRAFIA**

1. Comitato Elettrotecnico Italiano - Norma CEI EN50126 - Applicazioni ferroviarie, tramviarie, filotramviarie, metropolitane: la specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza (RAMS) - Editore CEI, Milano, 2000