FMEA
(Fealure Mode Effects Analysis)

IL PROCESSO DI ANALISI
DEI MODI POTENZIALI DI GUASTO

March 10, 2010

QMR01

INTRODUZIONE

Lôindividuazione tempestiva delle avarie e delle difettosità a cui possono andare incontro le ñrealizzazioni dei progettiò costituisce un elemento di forte competitività e di successo per le Imprese.
Non sempre infatti è possibile o utile attivare delle sperimentazioni e verifiche degli ñoggettiò realizzati sia per le obiettive difficoltà di ñricreareò le condizioni effettive di esercizio che per il costo dei campioni rappresentativi e delle prove da realizzare. A tale proposito se si vuole comunque verificare lôoggetto ideato ed avere delle informazioni sulla sua adeguatezza alle specifiche si può ricorrere ad una ñmetodologia di esameò denominata: ñ**analisi dei modi potenziali di guasto**ò.
Questa tende esaminare un ñprogettoò dal punto di vista della sua affidabilità prima che questo venga portato in attuazione e tradotto in pratica. Per consentire tale verifica vengono impiegati solamente gli ñelementiò dello stesso sottoforma di disegni, specifiche tecniche, flussi, informazioni, norme, capitolati, ecc., ovvero tutti gli elementi che di fatto costituiscono la documentazione del lavoro svolto e le conoscenze disponibili sullôargomento. Queste, che possono anche risultare ñsparseò nei vari servizi dellôImpresa e disaggregate tra di loro, vengono ñraccolteò e indirizzate sullôelemento di esame consentendo, tra lôaltro, di attuare momenti privilegiati di formazione e di crescita culturale del personale coinvolto.

1.0. SCOPO E CLASSIFICAZIONE

Lô ñanalisi dei modi potenziali di guastoò, che prende anche in considerazione gli effetti e le loro criticità è pertanto un metodo razionale atto a valutare a priori le possibili **cause** di avaria, le relative **probabilità di accadimento** e le loro **conseguenze.**
Tale analisi costituisce una fase essenziale della ñPianificazione della Qualitàò e, come già accennato, può essere applicata per qualsiasi ñcosaò che costituisca oggetto di una progettazione come: manufatti, servizi e processi in senso lato.

La metodologia, che risulta essere *sistematica, formale e documentata*, permette di individuare le cause fondamentali dei possibili guasti e quindi di intervenire con azioni correttive in funzione della probabilità che si verifichi lôavaria e della gravità dei suoi effetti.

Questo strumento, che affronta il problema da un punto di vista di prevenzione, consente ai ñprogettistiò di valutare obiettivamente l ñoggettoò del loro studio, attraverso la ñconoscenza anticipataò degli inconvenienti che si possono presentare e di intervenire ad loro ñtempestiva rimozioneò. Un uso disciplinato e corretto della metodologia di analisi permette:

previsioni attendibili, scelte prioritarie, decisioni razionali
e quindi una maggiore efficacia degli interventi proposti

Lôapplicazione risulta vantaggiosa in tutto ciò che è ñnuovoò: nuovi prodotti, nuovi processi tecnologici o gestionali, trasformazione sostanziali dei manufatti, attuazione di nuovi servizi, ecc. Eô bene sottolineare che il ñvalore aggiuntoò dellôanalisi non risiede tanto nellôindividuazione delle modalità di guasto, nella determinazione delle rispettive probabilità di accadimento o nella previsione del relativo effetto, quanto nella capacità di fornire delle idonee azioni correttive al ñprogettoò nonché nello studio di adeguati piani di prova e controllo.

Lôapplicazione risulta versatile e flessibile in quanto diversi e variegati sono i modi di analisi e gli obiettivi: questi possono riguardare gli aspetti dei singoli componenti o dei sistemi interi; possono riferirsi alla semplice analisi delle modalità di guasto o alla valutazione degli effetti, e delle proposte di soluzione, possono limitarsi alle sole fasi dei processi o ai flussi interi, alle attività interne od esterne allôImpresa, ai singoli elementi o alla loro globalità, ecc.
Alle tipologie dei casi sopra elencati corrispondono altrettante modalità di analisi, individuate da sigle diverse spesso usate con confusione ed incertezze (fig. 1.1)

FMA	• (Failure Mode Analysis): analisi delle modalità dei guasti
FMEA	• (Failure Mode and Effects Analysis): analisi dei guasti, e degli effetti
FMECA	• (Failure Mode and Effetcs and Critically Analysis): analisi critica dei guasti e dei loro effetti)

Fig. 1.1 Tipologie di Analisi dei potenziali modi di guasto

Il tipo di analisi più diffuso è anche quello più completo e risponde allôacronimo ñFMECAò anche se comunemente questa viene indicata con la sigla ñun poôpiù riduttivaò di ñFMEAò.
Le varie modalità di analisi hanno avuto origine nellôindustria aerospaziale statunitense, intorno alla metà degli anni 60, in ambito dello sviluppo del progetto Apollo, ma si diffusero largamente a seguito della legislazione sulle ñ responsabilità da prodottoò (liability) ovvero sulla responsabilità legale del Fornitore su tutte le conseguenze derivanti da una cattiva concezione o fabbricazione del manufatto.

Si appropriarono di tale processo prima le industrie automobilistiche americane e giapponesi e poi quelle europee, al fine di prevenire le onerose campagne di risanamento delle difettosità scoperte sul mercato. A tale riguardo la letteratura specializzata asserisce che un costo di un intervento riparatore risulta essere dalle 100 alle 1000 volte più oneroso di unôazione preventiva operata sullo stesso difetto.

LôAnalisi FMEA, nellôeccezione generale, può trovare oggigiorno applicazioni in tutte le tipologie industriali ed in altri settori nei quali si trattano sistemi complessi in quanto risulta di facile impiego e di notevole efficacia.

Le procedure di analisi sono sostanzialmente **soggettive** e, non esistendo probabilmente la ñprocedura migliore in assolutoò, ogni azienda deve sviluppare la propria in funzione del contesto in cui opera riferendosi a:

storia ed evoluzione del prodotto,
cultura ed approccio metodologico del personale,
esigenze e reattività dei clienti
ecc.

Ma ciò non significa che la definizione del modello di analisi è sganciata da regole ed ogni applicazione può muoversi con modalità ñimprontate al momentoò in quanto uno dei punti forti dellôAnalisi FMEA è il ñrigoreò della stessa analisi, rigore che consente di trasformare esperienze e competenze disperse in conoscenza di gruppo e di svolgere unôanalisi da diversi punti di vista ma con una unità di visione e di intenti. Per questa ragione la definizione del proprio modello deve coinvolgere le diverse componenti dellôImpresa, prefissare gli elementi relativi ña cosaò applicarla *(componenti nuovi, prodotto che si presenta con una certa % di componenti nuovi, tutte le fasi di un processo innovativo, solo alle fasi che si presentano critiche, ecc.)*, a ñcomeò svolgerla *(responsabilità di decisione, di preparazione, di esecuzione, enti partecipanti, schema di conduzione, voci e scale di analisi, ecc.)*, a ñdoveò condurla *(presso il fornitore, in ambito della progettazione, ecc.)* e a ñquandoò eseguirla *(globalmente al termine del progetto, in più fasi, ecc.)*.In altre parole occorre definire gli elementi ñfermiò e codificare i percorsi di impostazione e sviluppo in modo da creare metodo di analisi, stile di comportamenti al fine di fornire assicurazione sullôefficacia e sul confronto dei risultati.

- ***individuare preventivamente le potenziali difettosità - criticità che possono verificarsi durante il ciclo di vita del manufatto, nella fase di erogazione del servizio o nellôattuazione implementazione di un processo***
- ***definire gli approfondimenti e verifiche da operare***
- ***stabilire le priorità di interventi***
- ***identificare le azioni correttive e gli interventi da attuare con le relative responsabilità***
- ***documentare le scelte operate contribuendo alla costruzione di una ñmemoriaò aziendale con la quale tarare le ñcapacità di prevenzioneò***

Fig. 1.2 Obiettivi dellôAnalisi FMEA

2. 0. PRINCIPI BASE E DEFINIZIONI

Principi

Il Processo di Analisi FMEA si basa prevalentemente sulla possibilità di:

- scomposizione del ñ**Sistema Complessoò** in ñ**Sistemi Sempliciò** (componenti) e **ñLegamiò** (interazioni) esistenti tra essi
- ricomposizione del quadro operativo di interventi come somma di tutte le **soluzioni individuate dallôanalisi effettuata sugli elementi singoli**

Tali possibilità, che possono essere assunte come principi base, consentono di concentrare lôattenzione su delle **ñunità elementariò** perdendo di vista ñlôinsieme complessoò in modo da ridurre lôonerosità dellôimpegno e dellôattenzione con la conseguente quota di errori e sviste.

LôAnalisi FMEA apre un ñcreditoò sulle possibilità dei sistemi e sulle capacità degli operatori a generare e rintracciare dei sottosistemi su cui intervenire separatamente sapendo che una loro ricomposizione ricostituirà il quadro originale e gli interventi individuati risulteranno adeguati ed efficaci.

Se alla base dellôAnalisi FMEA côè la possibilità di scomporre un ñsistema complessoò in ñsotto sistemi sempliciò e di analizzare questi individualmente è di fondamentale importanza attuare unôadeguata analisi dei sistemi e di operare una loro corretta scomposizione.
Tale attività deve tener conto non solo delle singole parti del sistema come è ovvio ma anche dei reciproci legami ovvero dei rapporti di interazione.

Le azioni che i diversi elementi di un sistema si scambiano tra di loro o con le parti esterne determinano il funzionamento e lôaffidabilità dellôintero sistema.
Eôdi fondamentale importanza conoscere la ñnaturaò di tali azioni ed il loro livello di ñintensitàò, in quanto i vari costituenti, presi individualmente, possono risultare idonei ed affidabili mentre, se interconnessi (meccanicamente, strutturalmente, o più semplicemente posti nelle reciproche sfere di azione), possono manifestare anomalie o, peggio ancora, degradi nel tempo.
In altre parole si può dire che lôaffidabilità di un sistema risulta essere la ñsommaò dellôaffidabilità delle parti che lo compongono e delle interazioni che queste scambiano reciprocamente tra di loro o con gli elementi esterni al sistema stesso.

Ad esempio in un interruttore elettrico dove sono presenti componenti quali, scatola , morsetti elettrici, placche in ottone, contatti in argento, molle e leve di comando, il buon funzionamento *(livello e conservazione delle prestazioni)* è garantito da:

- Buon comportamento dei singoli componenti *(es.: scatola con materiale e dimensioni corrette , stampata senza difettosità, ecc.)*
- Conservazione del tipo e dellôentità delle azioni che i componenti si scambiano tra di loro in esercizio *(es.: pressione della molla sui contatti di argento, costanza dellôintensità dello scintillio affinché i componenti non alterino il loro comportamento, uniformità entro ambiti previsti della perdita di polvere metallica dovuta al consumo dei contatti, ecc.)*
- Corretta azione degli ñelementiò che sono impiegati nella produzione, nellôimpiego ecc.*(es.: pressione dei braccetti delle attrezzature di montaggio o della mano dellôutente, ecc.)*

LôAnalisi FMEA ha quindi la pretesa di individuare i *possibili degradi delle prestazioni dei singoli componenti* (perdita di elasticità della molla) *e delle interazioni reciproche* (diminuzione della forza di contatto sulle pastiglie di argento) *o di quelle scambiate con elementi esterni* (caduta non prevista di gocce di acqua sui contatti elettrici)

Lo Schema Logico (fig. 2.1) indica i passaggi necessari per lôindividuazione di tutti gli elementi da considerare nella verifica mentre il Modulo di Analisi (fig. 2.2) consente di esaminare e processare tutte le alterazione delle prestazioni in modo da poter valutare i loro effetti e decidere sugli opportuni interventi

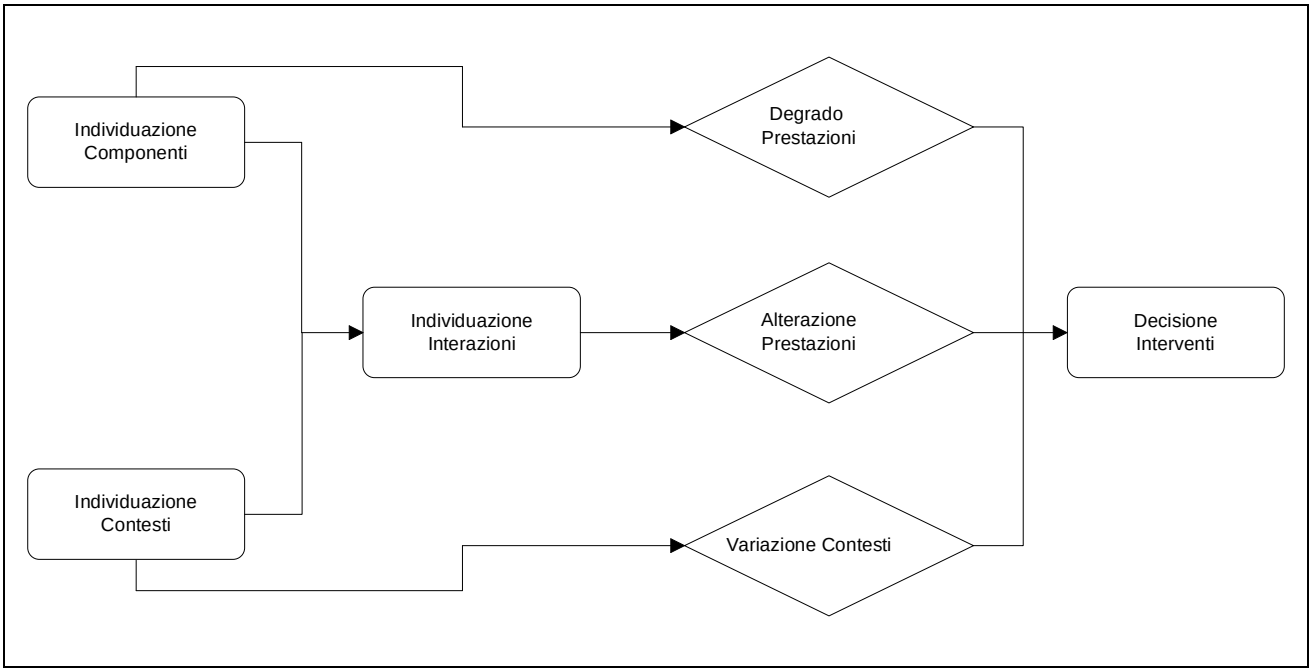

Fig. 2.1 Schema Logico

Componenti	Interazioni	Contesti	Prestazioni da fornire	Alterazioni componenti	Alterazioni interazioni	Alterazioni contesti

Fig. 2.2 Modulo di Analisi

Definizioni

Nello studio e nellôapplicazione dellôAnalisi FMEA si incontrano termini che per significato ed importanza meritano di essere conosciuti e compresi:

Sistema
Insieme di parti correlate tra di loro tra rapporti di interdipendenza

Processo
Sequenza di attività correlate in modo logico tali da modificare gli ñelementi in ingressoò fornendo valore aggiunto attraverso lôutilizzo di risorse: umane ï finanziarie - tecnologiche

Process Capability (Cp)
Capacità di un processo di soddisfare le specifiche richieste. Si tratta in pratica del rapporto esistente tra la curva che rappresenta il grado di dispersione delle prestazioni del processo e le specifiche richieste. Nel caso di una distribuzione gaussiana lôindice Cp viene individuato come rapporto tra la differenza delle specifiche superiore ed inferiore a sei volte lo scarto quadratico medio.

Modo di Guasto
ñNome del guastoò ovvero: non rispondenza del prodotto alle aspettative del progetto.

3.0. DOMINIO E CATEGORIE DELLôANALISI FMEA

Per quanto già accennato lôAnalisi FMEA viene applicata nella determinazione dellôaffidabilità di un ñprodottoò quale:

- manufatto
- servizio
- processo

In pratica , nel linguaggio corrente con il termine ñprodottoò ci si riferisce allô ñoggettoò della progettazione, al ñcosaò si vuole realizzare

In tal maniera si vengono a distinguere due tipi di Analisi FMEA complementari:

- FMEA di Progetto
- FMEA di Processo

che permettono di sintetizzare in modo sistematico le valutazioni operate dal progettista e da chi è chiamato alla sua realizzazione:

Sia lôAnalisi ñFMEA di Progettoò che di ñProcessoò hanno come unico ñfineò **lôanalisi dei modi di guasto del prodotto**, e i soli elementi (fig. 3.2) che le contraddistinguono sono:

- cause del modo di guasto
- struttura dellôanalisi
- la struttura dellôanalisi

Eô abbastanza semplice per un manufatto distinguere le due Analisi FMEA (Progetto/Processo), intendendo per **FMEA ñprogettoò** quellôanalisi effettuata sullô òoggettoò della progettazione descritto da disegni, prototipi, processi di prove, componenti, interazioni, ecc. così come è stato concepito e definito dal progettista e con **FMEA ñprocessoò** quella condotta sui ñprocessi tecnologiciò ideati e che si intendono usare per la realizzazione del manufatto. Lo schema e terminologia conservano la stessa validità anche nel caso in cui gli ñoggettiò della progettazione siano **servizi o processi** in quanto anche per essi ci sono fasi di progettazione e fasi di attuazione .
LôAnalisi **FMEA** di **Progetto** è finalizzata allôesame del ñprodottoò dal solo punto di vista progettuale dando per scontato che esso possa essere realizzato esattamente secondo i requisiti previsti, mentre lôAnalisi **FMEA** di **Processo** prende in considerazione i soli modi di guasto che possano verificarsi durante la realizzazione del prodotto dando per scontato che il progetto risponda perfettamente alle specifiche richieste.

4.0. MODALITAô DI ESECUZIONE

Se è vero che ogni variazione operata su sistemi conosciuti consiglia lôimpiego di unôAnalisi FMEA è pur vero che lôesperienza maturata ne consente un uso flessibile allôinsegna dellôottimizzazione dei tempi e quindi dei costi. Da ciò lôesigenza di un metodo di esecuzione che consenta di generare una **ñmemoria storicaò** delle soluzioni adottate, della loro affidabilità in esercizio, degli inconvenienti generati e superati.

Per decidere sullôavvio dellôanalisi e per organizzarne lôesecuzione il Responsabile del Progetto potrà fare affidamento su ñmodelli guida e di supportoò basati su liste di riscontro predefinite, sperimentate che saranno tanto più utili quanto più aggiornate dagli esiti dei precedenti impieghi.

Come già accennato lôAnalisi FMEA tiene conto di tutti i possibili inconvenienti tecnici, logistici, organizzativi, ecc. legati alla concezione e realizzazione di un nuovo ñprodottoò e gli elementi (fig.4.1) da prendere in considerazione dovranno essere recuperati tenendo conto:

- *dellôoggetto di analisi (componenti)*
- *del **contesto** (interazioni)*

nel quale questo si troverà ad essere realizzato ed impiegato.

Elementi / Tipologia	Componenti	Interazioni
FMEA Progetto	Parti costituenti il prodotto	- Azioni tra i componenti - Azioni con entità esterne
FMEA Processo	- Modalità operative, gestionali,di impiego - Fasi - é	- Azioni tra gli elementi - Azioni tra le fasi - Azioni con i sistemi - é

Fig. 4.1 Elementi oggetto dellôAnalisi FMEA

Lo sviluppo completo dellôanalisi si articola in 13 quattro macro fasi:

- Impostazione
- Esecuzione
- Attuazione interventi
- Verifica efficacia

costituenti complessivamente 13 fasi

Macrofase	N° fase	Fase	Responsabilità
Impostazione	1	decisione di attivare unô**analisi FMEA**	Resp. Progetto del Prodotto / Processo
	2	costituzione del **gruppo competente**	ñ
	3	preparazione della **documentazione descrittiva** dellôoggetto dellôanalisi	ñ
	4	convocazione della **riunione di analisi**	ñ
Esecuzione	5	comprensione dellô **oggetto dellôanalisi:** ☐ **sistema / sottosistema:** - *prodotto-componente* - *processo - fase-attività* - *interazioni* ☐ **funzionalità** *(espletate dallôoggetto dellôanalisi)*	Gruppo FMEA
	6	identificazione delle **caratteristiche del guasto:** ☐ **modi** *(tutte le possibili ñtipologieò del guasto)* ☐ **cause** *(tutte le possibili ñragioniò che generano i vari modi di guasto)* ☐ **effetti** *(tutte le possibili conseguenze di ogni singolo modo di guasto)*	ñ
	7	descrizione della **situazione iniziale** *(soluzione del progetto e di tutte le informazioni di questo disponibili concretamente al momento dellôanalisi):* ☐ **Controlli Previsti** *(tutte le ñverificheò che verranno attuate ma che sono state già individuate e pianificate)* ☐ **Indice di Probabilità ñPò** di accadimento di ogni singolo modo di guasto *(moltiplicazione delle probabilità che si verifichino le cause, che si attui il guasto e che si manifesti lôeffetto)* ☐ **Indice di Gravità ñGò** delle conseguenze di ogni singolo modo di guasto *(valutazione complessiva di ogni singolo effetto)* ☐ **Indice di Rilevabilità ñRò** delle cause di ogni effetto del modo di guasto *(tutte le ñvalutazioniò sul grado di confidenza relativo alle cause, ai modi per individuarle ed alle loro dinamiche)*	ñ
	8	determinazione **dellôIndice di Priorità di Rischio- ñIPR ò**sulla base di una aggregazione (moltiplicazione IPR=PxGxR) degli indici di Probabilità / Gravità / Rilevabilità	ñ
	9	individuazione delle **azioni correttive** prioritarie: - Interventi proposti - Responsabilità - Tempi di attuazione	ñ
	10	stima del nuovo valore dellôñ**Indice di Priorità di Rischioò simulato** ipotizzando lôattuazione degli interventi	ñ
Attuazione	11	attuazione delle **azioni proposte**	Resp. incaricati
Verifica Efficacia	12	descrizione della **situazione finale:** ☐ Interventi realizzati ☐ Nuovo Indice ñPò ☐ Nuovo Indice ñGò ☐ Nuovo Indice ñRò	Gruppo FMEA
	13	aggiornamento dei **criteri** (scale) **di valutazione degli indiciò** in relazione alle conseguenze delle modifiche apportate al progetto/processo	Resp. Progetto

1 ï Impostazione dellôAnalisi FMEA

■ *Decisione di attivare unôAnalisi MEA*

Lôanalisi può essere avviata quando lô ñoggettoò risulta possedere, su giudizio del Responsabile Progetto degli elementi di **innovazione significativi** e si trova in uno stato di **progettazione ultimata** per il quale è possibile porre a confronto le specifiche richieste del cliente con le caratteristiche fornite dal progetto.
In presenza di un progetto incompleto lôAnalisi FMEA non può far altro che evidenziare le lacune presenti senza poter dare un proprio contributo ed un ñvalore aggiuntoò alle attività da svolgere per completare il progetto (se non generiche avvertenze) in quanto, è bene ricordarlo, tale analisi è una **metodologia di verifica e non di soluzione**.

■ *Costituzione del Gruppo Competente*

Lôanalisi viene svolta da una **gruppo di persone** che contribuiranno con la loro esperienza e competenza a scoprire elementi di possibile difettosità e criticità.
La massima efficacia dellôanalisi risiede nella capacità da parte del Responsabile Progetto di *spiegare il proprio lavoro e non di difenderlo* e da parte dei Partecipanti del Gruppo di *contribuire con le proprie competenze e capacità ad arricchire le conoscenze e prevedere le situazioni critiche senza sostituirsi operativamente al progettista*

■ *Descrizione dellôOggetto dellôAnalisi*

Lôanalisi è agevolata se la **descrizione dellô ñoggettoò** in esame è completa vale ovvero se sono definiti i componenti e le varie **interazioni** scambiate e se queste trovano evidenza in documenti ufficiali in uso nellôImpresa.
Lôidentificazione dei componenti e delle interazioni è unôattività delicata, da presidiare con attenzione, perché costituisce in certo qual modo il ñrecintoò entro il quale si svolgerà la verifica senza che questa abbia più riferimenti con lôoggetto da esaminare nel suo complesso

■ *Convocazione della Riunione di Analisi*

Lôanalisi viene condotta durante un **incontro** indetto con un invito formale, con un ordine del giorno anticipando la documentazione descrittiva dellôoggetto dellôanalisi in modo da consentire una presa visione da parte dei partecipanti.

2 ï Esecuzione dellôAnalisi FMEA

■ *Spiegazione e comprensione dellôoggetto*

Lôanalisi è preceduta da una spiegazione in dettaglio del progetto condotta dal Responsabile che, impiegando il materiale descrittivo consente ai partecipanti di prendere confidenza con le richieste del committente con le soluzioni scelte e con la terminologia usata. È bene anticipare in questa fase gli eventuali limiti del progetto e le difficoltà incontrate nel suo sviluppo.

■ *Caratteristiche del guasto*

Lôanalisi prevede lôimpiego di una scheda di raccolta (Fig. 4.2) delle informazioni che per ogni elemento porta allôidentificazione di tutti i potenziali **modi di guasto** (difetti di origine, usura, ecc.), delle possibili **cause** ed dei conseguenti **effetti**. Per agevolare tale operazione è bene impiegare delle ñlisteò precostituite di difetti possibili che costituiscono delle guide di analisi e di orientamento per il Gruppo.

■ *Situazione iniziale*

Lôanalisi consente sulla base degli Indici **Probabilità (P), Gravità (G) e Rilevabilità (R)** assegnati in sede di verifica impiegando scale predefinite (es. su valori da 1 ï 10) di definire le voci critiche (parti del prodotto/processo) su cui intervenire.

■ ***Indice di Priorità di Rischio ñIPRò***

Lôindice è calcolato come prodotto dei tre indici, P,G,R; (**IPR = PxGxR**) e quando il valore dellôindice IPR supera una certa soglia (normalmente = 100) scatta la necessità di intervenire con rifacimenti, modifiche del progetto, approfondimento o interventi di controllo.

■ ***Azioni correttive***

Lôanalisi sollecita la definizione di **interventi** onde riportare lôindice ñ **IPR** ò sotto il valore della soglia definito come accettabile.
Nella scelta degli interventi non è solo sufficiente considerare il valore assunto dallôindice ñ **IPR** ò ma occorre esaminare i valori dei singoli ñindiciò che lo compongono:

- se si ha lôindice di **Probabilità (P)** preponderante vuol dire che le soluzioni adottate presentano elevate quote di rischio e pertanto lôunico modo efficace per neutralizzarle è quello di operare sul progetto ed apportare delle modifiche in modo da diminuire le loro probabilità di accadimento
- se si ha lôindice **Gravità (G)** posizionato su valori alti vuol dire che le conseguenze sono pesanti pertanto i modi per annullarle o ridurle sono quelli di intervenire sul progetto in modo da rendere improbabile lôaccadimento di tale difetto o di introdurre sulle soluzioni degli elementi tali da neutralizzare gli effetti gravosi dello stesso
- se si ha lôindice **Rilevabilità (R)** elevato vuol dire che le conoscenze sulle cause e svolgimento del modo di guasto sono mancanti o carenti e pertanto lôunico modo per superare tale lacuna è quello di attuare ricerche teorico-pratiche per aumentare la confidenza con il fenomeno ed il dominio del progetto

■ ***Simulazione del nuovo indice di priorità***

Lôanalisi permette, a fronte degli interventi proposti, di stimare lôeffetto e ñvisualizzareò il posizionamento del **nuovo ed ipotetico valore dellôindice** mettendo in risalto le voci su cui intervenire successivamente.

3 ï Attuazione degli interventi

■ ***Attuazione Azioni correttive***

Lôanalisi consente di assegnare lôesecuzione degli **interventi** ai vari Responsabili definendo contenuti, date di attuazione, modalità di verifica, ecc.

4 ï Verifica dellôefficacia

■ ***Situazione finale***

Lôanalisi descrive il probabile **stato** futuro dellô ñoggettoò attraverso una mappa degli interventi ed i loro benefici (in termini di valore degli indici) nellô ipotesi che tutte le azioni correttive vengano pienamente attuate.

■ ***Aggiornamento degli indici Probabilità, Gravità, Rilevabilità***

Lôanalisi consente di verificare in seconda fase ed attraverso un confronto dei **valori** degli Indici gli effetti ottenuti e gli scostamenti da quanto atteso permettendo di tarare le scale di valutazione impiegate.

5.0. Analisi FMEA di Progetto

Lo sviluppo dellôAnalisi FMEA di Progetto può riguardare:

- manufatti
- servizi
- processi

nel loro complesso o nelle loro varie componenti.

5.1. FMEA di Progetto : <u>manufatto</u>

Lôanalisi per questo tipo di oggetto, tiene conto di tutti i possibili inconvenienti tecnici, relativi alla movimentazione, installazione , utilizzo, manutenzione di un prodotto, o di una sua parte e prende in considerazione tutti quegli elementi che possono influire sul suo funzionamento:

- ***componenti dellôoggetto*** *(nuovi o modificati)*
- ***condizioni di esercizio*** *(nuove o modificate)*
- ***interazioni scambiate tra le varie parti o con ñlôambienteò di impiego***

a - Impostazione dellôAnalisi

Lôanalisi, articolata in fasi (caratterizzate da propri contenuti e dallôemissione di appropriati documenti) viene condotta tramite attività di Gruppo sotto la guida del Responsabile Progetto e prevede la partecipazione di varie funzioni aziendali:

- *progettazione*
- *laboratorio*
- *industrializzazione / tempi e metodi*
- *produzione*
- *assistenza tecnica*
- *qualità*
- *approvvigionamenti*
- *logistica interna e distributiva*
- *commerciale*
- *ecc.....*

inoltre, secondo le necessità, può essere coinvolto personale esterno quali fornitori e committenti.

Eô compito del Responsabile Progetto documentare lôargomento dellôanalisi attraverso la descrizione dellôoggetto e del relativo **contesto produttivo e di impiego.**

La preparazione dellôanalisi richiede la disponibilità di informazioni su:

descrizione ed obiettivi del progetto

specifiche provenienti dal committente recuperare da *ordini* o *capitolati completi di tempi e costi, ecc.*

soluzione

caratteristiche del prodotto evidenziate da *disegni complessivi, di particolari, specifiche, note tecniche, prototipi ecc.*

norme di riferimento

requisiti di sicurezza, installazione, funzionamento, disassemblaggio, ecc, recuperate da *capitolati interni, del committente o da regole proprie dei diversi istituti normativi di qualità, di categoria, di impiego ecc.*

piani di controllo/collaudo

modalità di verifica esplicitate in *procedure, piani di campionamento, caratteristiche della strumentazione, ecc.*

approvvigionamenti

nominativi di Fornitori e delle caratteristiche dei loro processi tecnologici e/o logistici evidenziate in *elenchi , liste di omologazione , capitolati, ecc.*

risorse
necessità organizzative, culturali, tecniche e finanziarie espresse sottoforma di *elenchi, liste con importi, entità, disponibilità, date, ecc.*

dati di guasto
informazioni sul comportamento dei prodotti/componenti similari e sulla difettosità e scarti forniti dalla *Process Capability (cp e cpk) della linea o dai dati di mercato*

cicli di lavorazione
modalità di produzione evidenziate dai *cicli di processo, schemi di flusso, tipologia di attrezzature, ecc.*

movimentazione
descrizione dei sistemi di trasporto interni o esterni forniti dalle *istruzioni operative, capitolati interni o delle società di trasporto*

installazione e manutenzione
modalità di ñmessa in esercizioò e/o ripristino funzionalità espresse da *avvertenze, fotografie e note tecniche in sequenze operative ed attrezzature da impiegare*

utilizzo
indicazioni su impiego e conservazione del manufatto fornite attraverso *descrizioni, avvertenze, rapporti, ecc...*

assistenza tecnica
descrizione delle modalità organizzative, di formazione ed informazione, dei particolari oggetto di ricambio, ecc..evidenziate da *procedure o capitolati interni o contratti con enti esterni*

b) Esecuzione dellôanalisi

Dopo la ñcomprensioneò del prodotto, il lavoro procede con lôindividuazione degli ñelementiò che saranno oggetto dellôAnalisi FMEA.

Gli elementi sono costituiti dalle **parti fisiche del manufatto** e dalle varie **interazioni** che i componenti possono reciprocamente scambiarsi o che possono scambiare con altri sistemi con cui entrano in contatto nelle varie fasi di fabbricazione, immagazzinamento, trasporto o altro (es. utilizzo).

Le alterazioni di tali interazioni, alla stessa stregua delle avarie dei componenti possono determinare criticità del prodotto e degradi delle prestazioni e costituire sicuramente dei modi di guasto e perdite dellôaffidabilità del manufatto.

Per attuare una corretta scomposizione del manufatto (sistema complesso) si può procede con lôindividuazione di tutti i **componenti** (sottosistemi) al limite aggregati tra di loro secondo una logica di impiego o di approvvigionamento.

Buona norma è partire dalla ñ**distinta base**ò del prodotto e considerare tutti i componenti indicati generando una lista che verrà impiegata come indice degli ñelementiò da sottoporre allôAnalisi FMEA.

Per individuare invece le **interazioni** generate sul sistema ñcomponenti - manufatto - contestoò è bene partire dal prodotto, oggetto dellôanalisi cercando di renderlo nei contesti:

- produzione
- movimentazione
- immagazzinamento
- trasporto
- installazione
- utilizzo
- disassemblaggio
- smaltimento

e scoprire tutti gli ñoggettiò e ñfasi di lavoroò (fattori) con i quali il prodotto scambia delle azioni. Una volta individuati tali fattori (oggetto/fasi) si creano delle matrici riportando da una parte lôelenco dei vari componenti e dallôaltra i diversi fattori con i quali i singoli componenti possono scambiare le loro azioni.

fattori / **componenti**	**a**	**b**	**c**	**é é**	**n**
A					
B			é natura é entità		
C					
é ..					
N					

Le matrici consentono di guidare lôanalisi e di evidenziare le ñinterazioniò tra i diversi elementi. Esaminando gli incroci (tra righe e colonne) e rispondendo alle domande:

Côè interazione tra i due elementi che determinano lôincrocio ?
(occorre evidenziare la presenza di una qualche interazione)

Che tipo di azione si scambiano?
(occorre indicare la natura della interazione , es.: forza, radiazione, ecc.)

Quanto è ñforteò questa loro interazione ?
(basta indicare il livello, es. : A = alto; B = basso; M = medio)

i partecipanti, in modo interattivo e libero (brainstorming), contribuiscono ad arricchire il quadro delle conoscenze e delle possibilità.
Alla fine si viene a disporre di una ñmappaò delle possibili interazioni (elementi - legame - entità) che consente di operare per ñprioritàò selezionando la natura dellôinterazione che si vuole considerare o il livello della stessa da cui partire nellôanalisi.
Alcune interazioni sono specifiche dellôAnalisi FMEA di Progetto in quanto riguardano solo gli aspetti legati al ñprogetto del manufattoò altre, interessando specificatamente il ñprocesso di attuazioneò vengono recuperate e, segnate a parte, andranno a costituire gli elementi su cui riflettere nelle successive Analisi di FMEA di Processo.

Un ulteriore considerazione che può portare a delle significative semplificazioni nelle successive Analisi di FMEA di Progetto risiede nella determinazione delle cosiddette ñcatene tecnologicheò o ñraggruppamentiò costituiti da una serie di componenti o interazioni omogenee che possono rappresentare dei ñgruppiò di riferimento predefiniti e comodi da usare.
Nella definizione delle ñcateneò è importante che siano chiari i criteri impiegati nella identificazione dei legami in modo da disporre di ñaggregati omogeneiò per tipologia (di legame o altro) altrimenti, come è ovvio, tutti i componenti e tutte le interazioni andrebbero a ñconfluireò in unôunica e grossa catena costituente lôintero manufatto facendo perdere il vantaggio di disporre di unità predefinite e note nei loro comportamenti interattivi con tutte le altre .

Lôattività di analisi viene svolta impiegando una scheda di raccolta (fig. 5.1) delle informazioni che costituisce di fatto lo ñschema di analisiò e di rendiconto finale. Molto utile a questo proposito uno schema diviso fondamentalmente in 5 parti:

1 ï elenco dei componenti / interazioni contraddistinti dalle loro funzionalità
2 ï elenco dei possibili modi di guasto, delle loro cause ed effetti
3 ï quadrante dove vengono stimate gli indici P, G, R ed il loro prodotto IPR
4 ï lista delle iniziative da svolgere, nominativi dei responsabili incaricati, data di attuazione
5 ï quadrante dove vengono simulati dei nuovi scenari o registrati i nuovi valori degli indici

Analisi		***Valutazione***					***Soluzione***	
Denominazione Codice Funzionalità	***Modi di guasto Cause Effetti***	***Valori Indici P, G, R, e calcolo IPR = PxGxR***					***Interventi da svolgere***	***Valori Indici P, G, R, simulati IPR = PxGxR***
		P	G	R	=	IPR		

Fig. 5.1. Schema (generico) di Analisi FMEA (per uno schema funzionale vedi Caso Studio)

Per la valutazione del valore degli indici P, G, R, vengono impiegate delle scale (fig. 5.2) che su base da 1 ï 10 consentono di interpretare le situazioni e di associare ad esse i relativi valori.

Indice di Probabilità			
CRITERIO	**P**	**PROBABILITAć**	**PERSONALIZZAZIONE**
REMOTA PROBABILITAô	1	< 1/100.000 *NON SI Eô MAI VERIFICATO NEANCHE SU PRODOTTI E/O COMPONENTI SIMILI*	
BASSA PROBABILITAô	2-3	<1/100.000 - 1/50.000 *SI Eô VERIFICATO IN LAB. ALLE CONDIZIONI EXTRA > 50% DALLE CONDIZIONI LIMITI*	
MEDIA/BASSA PROBABILITAô	4-5	<1/50.000 ï 1/10.000 *SI Eô VERIFICATO IN LAB. ALLE CONDIZIONI EXTRA > 10 % - 50% DALLE CONDIZIONI LIMITI.* *NON SI HA ALCUN RIFERIMENTO CERTO (MA SI PROPENDE SU BASE TEORICA PER UNA BASSA PROBABILITAô)*	
MEDIA /ALTA PROBABILITAô	6-7	<1/10.000 - 1/1.000 *SI Eô VERIFICATO IN LAB. ALLE CONDIZIONI < EXTRA 10% DALLE CONDIZIONI LIMITI*	
ALTA PROBABILITAô	8-9	<1/1.000 - 1/1.00 *SI Eô VERIFICATO IN LAB. ALLE CONDIZIONI LIMITI DI FUNZIONAMENTO*	
ALTISSIMA PROBABILITAô	10	< 1/100 *SI Eô VERIFICATO IN LAB. ALLE CONDIZIONI NORMALI DI FUNZIONAMENTO*	

Indice di Gravità

CRITERIO	G	GRAVITAô	PERSONALIZZAZIONE
LIEVE IL GUSATO RISULTA SENZA EFFETTI EVIDENTI	1	IL CLIENTE NON RILEVA IL GUASTO	
POCO IMPORTANTE IL GUASTO EôPERCEPIBILE	2-3	IL CIENTE NOTA IL GUASTO MA LO SOPPORTA	
MARGINALE IL GUASTO RISULTA MODERATO	4 ï 6	IL CLIENTE EôINSODDISFATTO PUR NON RICHIEDENDO LõINTERVENTO SAT	
ALTA IL GUASTO RENDE INATTIVO IL SISTEMA	7-8	IL CLIENTE EôFORTEMENTE INSODDISFATTO E RICHIEDE LõINTERVENTO SAT	
MOLTO ALTA IL GUASTO PROVOCA DANNI A COSE	9	IL CLIENTE EôIN CONDIZIONI PRECARIE ED HA SUBITO DANNI ANCHE AD ALTRE COSE	
ESTREMA IL GUASTO COMPROMETTE LA SICUREZZA DELLE PERSONE	10	IL CLIENTE EôIN CONDIZIONI PRECARIE ED EôA RISCHIO LA SUA SICUREZZA	

Indice di Rilevabilità			
CRITERIO	**R**	**RILEVABILITAô**	**PERSONALIZZAZIONE**
ALTISSIMA RILEVABILITAô	1	*LE CONOSCENZE TEORICHE E PRATICHE SONO DISPONIBILI E POSSONO RILEVARE QUALSIASI CRITICITA**ô***	
ALTA RILEVABILITAô	2-3	*LE CONOSCENZE PRATICHE SONO ESAUSTIVE ANCHE SE NON DISPONGONO DI SUPPORTO TEORICO*	
MEDIA RILEVABILITAô	4--6	*LE CONOSCENZE TEORICHE **ñ**SPECIFICHE**ò** SONO DISPONIBILI ED HANNO RIFERIMENTI PRATICI NON SPERIMENTATI DIRETTAMENTE*	
BASSA RILEVABILITAô	7-8	*LE CONOSCENZE TEORICHE GENERICHE SONO DISPONIBILI MA NON HANNO SUPPORTI PRATICI*	
BASSISSIMA RILEVABILITAô	9-10	*LE CONOSCENZE NON SONO DISPONIBILI O SONO VAGHE E GENERICHE*	

Fig. 5.2 Scale di Valutazione