

# POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Meccanica, Aerospaziale,  
dell'Autoveicolo e della Produzione

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Aerospaziale**

Tesi di Laurea Magistrale

## **Integrated Logistic Support: Applicazione e Ottimizzazione delle metodologie ISDA e FRACAS in ambito aeronautico**



**POLITECNICO  
DI TORINO**

### **Relatore/i**

Prof. Paolo Maggiore  
Ing. Stefano Genta

### **Candidato**

Alberto Maron - 238441

Ottobre 2019



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>5</b>
2.1	ACRONIMI E ABBREVIAZIONI .....	5
<b>3</b>	<b>SPECIFICHE E NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT</b> .....	<b>13</b>
4.1	ILS NEL PROGETTO INGEGNERISTICO .....	13
4.2	PRODOTTI DELL'ILS .....	17
<b>5</b>	<b>PROCESSI ISDA &amp; FRACAS</b> .....	<b>22</b>
5.1	IN-SERVICE DATA ANALYSIS (ISDA) .....	22
5.1.1	Scopo e descrizione generale del processo .....	22
5.1.2	Schema del processo .....	23
5.1.3	Tipologia, raccolta e consolidamento dei dati per ISDA .....	24
5.1.4	Modalità Operative .....	26
5.1.4.1	<i>ANALISI OPERATIVA</i> .....	26
5.1.4.2	<i>ANALISI DI AFFIDABILITÀ E ANDAMENTO URR</i> .....	27
5.1.4.2.1	Parametri Statistici di Affidabilità e loro determinazione .....	28
5.1.4.2.2	Valutazione dei componenti meno affidabili (Top Unreliable Items) .....	29
5.1.4.2.3	Componenti affetti da Obsolescenza e causa di eventi AOCP .....	30
5.1.4.2.4	Scelta dei componenti critici per l'Affidabilità (Reliability Critical Items) .....	30
5.1.4.3	<i>RISULTATI FINALI ISDA, FEEDBACKS E AZIONI RACCOMANDATE</i> .....	31
5.2	FAILURE REPORTING, ANALYSIS & CORRECTIVE ACTION SYSTEM (FRACAS) .....	33
5.2.1	Scopo e descrizione generale del processo .....	33
5.2.2	Tipologie di processo FRACAS e pianificazione .....	34
5.2.3	Schema del Processo (FRACAS su dati dal servizio) .....	34
5.2.4	Modalità Operative .....	35
5.2.4.1	<i>RACCOLTA E CLASSIFICAZIONE DELLE INFORMAZIONI</i> .....	35
5.2.4.2	<i>BANCA DATI FRACAS</i> .....	35
5.2.4.3	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE REPORTING</i> .....	35
5.2.4.4	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE VERIFICATION</i> .....	35
5.2.4.5	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE ANALYSIS</i> .....	36
5.2.4.6	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE REVIEW BOARD</i> .....	36
5.2.4.7	<i>AZIONI CORRETTIVE RACCOMANDATE, MONITORAGGIO E CHIUSURA</i> .....	36
5.3	DISPOSIZIONE OPERATIVA FRACAS .....	37
5.3.1	Scopi generali .....	37
5.3.2	Struttura della disposizione e contenuti .....	37
5.4	RICADUTE E BENEFICI DERIVATI DAI PROCESSI ISDA E FRACAS .....	38
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>PROPOSTE E SVILUPPI FUTURI</b> .....	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>APPENDICE</b> .....	<b>43</b>
8.1	DEFINIZIONI .....	43
8.2	ALLEGATO 1 - ESEMPIO PRATICO DI ELABORAZIONE ISDA .....	45
8.2.1	Consolidamento dati .....	45

<b>8.2.2</b>	<b>Analisi Operativa .....</b>	<b>46</b>
<b>8.2.3</b>	<b>Analisi di Affidabilità .....</b>	<b>49</b>
8.2.3.1	<i>ANALISI D'AFFIDABILITÀ PER FLOTTA/E .....</i>	<i>53</i>
8.2.3.2	<i>ANALISI D'AFFIDABILITÀ PER A/C .....</i>	<i>55</i>
8.2.3.3	<i>ANALISI D'AFFIDABILITÀ PER ITEM .....</i>	<i>55</i>
8.2.3.4	<i>CALCOLO GRADIENTE E TREND ANALYSIS .....</i>	<i>57</i>
8.2.3.5	<i>SELEZIONE DEGLI ITEM CRITICI .....</i>	<i>58</i>
<b>8.3</b>	<b>ALLEGATO 2 - DISPOSIZIONE OPERATIVA FRACAS .....</b>	<b>61</b>
<b>8.3.1</b>	<b>Scopo .....</b>	<b>61</b>
<b>8.3.2</b>	<b>Specifiche di riferimento .....</b>	<b>61</b>
<b>8.3.3</b>	<b>Principi generali.....</b>	<b>61</b>
<b>8.3.4</b>	<b>Modalità operative.....</b>	<b>62</b>
8.3.4.1	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE REPORTING .....</i>	<i>63</i>
8.3.4.2	<i>RACCOLTA ED ELABORAZIONE DATI - DATABASE FRACAS.....</i>	<i>63</i>
8.3.4.3	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE VERIFICATION .....</i>	<i>64</i>
8.3.4.4	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE ANALYSIS.....</i>	<i>64</i>
8.3.4.5	<i>ATTIVITÀ DI FAILURE REVIEW BOARD .....</i>	<i>64</i>
<b>8.3.5</b>	<b>Modulistica Aziendale .....</b>	<b>65</b>
<b>8.4</b>	<b>LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS.....</b>	<b>67</b>
<b>8.4.1</b>	<b>Breakdown del prodotto.....</b>	<b>69</b>
<b>8.4.2</b>	<b>Selezione degli item sottoposti all'LSA .....</b>	<b>71</b>
<b>8.4.3</b>	<b>Attività di analisi legate all'LSA .....</b>	<b>72</b>
8.4.3.1	<i>ANALISI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLA NECESSITÀ DI LSA .....</i>	<i>73</i>
8.4.3.2	<i>HUMAN FACTOR ANALYSIS .....</i>	<i>73</i>
8.4.3.3	<i>MAINTAINABILITY ANALYSIS .....</i>	<i>74</i>
8.4.3.4	<i>DAMAGE AND SPECIAL EVENTS ANALYSIS.....</i>	<i>75</i>
8.4.3.5	<i>SCHEDULED MAINTENANCE ANALYSIS.....</i>	<i>78</i>
8.4.3.6	<i>LEVEL OF REPAIR ANALYSIS .....</i>	<i>81</i>
8.4.3.7	<i>MAINTENANCE TASK ANALYSIS.....</i>	<i>83</i>
8.4.3.8	<i>OBSOLESCENCE MANAGEMENT.....</i>	<i>87</i>
<b>8.4.4</b>	<b>In Service Data Analysis: LSA durante la vita operativa .....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA/SPECIFICHE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUZIONE

Lo sviluppo del seguente elaborato si pone l'obiettivo di evidenziare gli stretti legami che intercorrono tra il progetto del prodotto aeronautico e lo sviluppo del supporto logistico nell'ottica di portare a compimento un processo di ottimizzazione che abbracci tutte le fasi della vita dello stesso.

Se infatti è importante che il prodotto rivesta, in tutte le sue sfaccettature, una posizione di primo piano agli occhi dell'ingegnere, è anche vero che senza un'accorta e ponderata allocazione delle risorse e un attento sviluppo del supporto logistico e manutentivo, non sarebbe possibile soddisfare a pieno i requisiti fissati in termini di costi, affidabilità, disponibilità e manutenibilità.

In tale ottica, si farà riferimento alle specifiche internazionali utilizzate per lo sviluppo del supporto logistico integrato (ILS: *Integrated Logistic Support*), con particolare enfasi sui processi di analisi dei dati durante il servizio (ISDA - *In Service Data Analysis*) che permettono di monitorare l'operatività dei prodotti e conseguentemente di individuare le criticità che necessitano di un intervento correttivo appropriato. Si dimostrerà altresì essenziale pianificare il feedback dei dati necessari allo svolgimento di tali processi durante tutto il ciclo vitale del prodotto. Tutti questi fattori si dimostrano, infatti, di primaria importanza per i principali protagonisti in campo aeronautico e aerospaziale.

Seguendo tali specifiche, si sono quindi analizzate le modalità operative del processo ISDA, con particolare riferimento allo studio delle prestazioni del prodotto aeronautico durante il servizio, così come valutare la validità della strategia di supporto logistico implementata.

L'analisi del processo è stato dunque il passo preliminare per la sua applicazione al caso di studio proposto dall'azienda Cliente, *Leonardo - Divisione Velivoli*. L'ISDA è stata utilizzata per analizzare i dati raccolti in servizio relativamente al verificarsi di guasti o al manifestarsi di varie tipologie di difettosità con lo scopo di individuare componenti critici dal punto di vista dell'Affidabilità. I dati sui *failure* di tali componenti saranno utilizzati quali input utili per indagini approfondite successive.

Tra queste, uno dei processi principali è rappresentato dall'analisi FRACAS (*Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System*) che, prendendo in input i risultati dell'ISDA ed analizzando le cause delle difettosità manifestatesi nel prodotto, permette di individuare delle azioni correttive in grado di produrre un miglioramento nell'Affidabilità del sistema/componente. Il FRACAS è stato analizzato da un punto vista procedurale, producendo un esempio di disposizione operativa che guidi la sua implementazione su un prodotto aeronautico.

Il lavoro di tesi si propone quindi di sviluppare conoscenze e competenze nel ramo del Supporto Logistico, con particolare riguardo ai processi ISDA e FRACAS. Si è quindi potuto procedere allo

sviluppo di proposte concrete verso il Cliente per ottimizzare l'implementazione dei metodi e di comprenderne le possibili evoluzioni e sviluppi futuri.

## 2 GENERALITA'

### 2.1 ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

Per facilitare la lettura dell'elaborato si riporta una lista degli acronimi e delle abbreviazioni maggiormente utilizzate nel corso della trattazione. Per la definizione di alcuni dei termini più importanti per la comprensione del testo si rimanda il lettore all'*Appendice 8.1*.

A/C	Aircraft
AGE	Aircraft Ground Equipment
AIA	Aerospace Industries Association of America
AOCP	Aircraft Out of Commission for Parts
ASD	Aerospace and Defence Industry Association of Europe
ATA	Air Transport Association of America
BE	Breakdown Element
BEI	Breakdown Element Identifier
BEJ	Best Engineering Judgment
BIT	Built In Test
CIL	Candidate Item List
CRD	Customer Requirements Document
D&SE	Damage & Special Events
DO	Disposizione Operativa
F&I	Facilities and Infrastructure
FH	Flight hours
FRACAS	Failure Reporting Analysis & Corrective Action System
FRB	Failure Review Boards
FRB	Failure Review Board
GSE	Ground Support Equipment
ILS	Integrated Logistic Support
IR	Investigation Report
ISDA	In-Service Data Analysis
ISO	International Standard for Standardization
LCC	Life Cycle Cost
LORA	Level of Repair Analysis
LSA	Logistic Support Analysis
LT	Lead Time
MTA	Maintenance Task Analysis
MTBF	Mean Time Between Failure
MTBUR	Mean Time Between Unscheduled Removals
NR	Non Riparabile (componenti)
OEM	Original Equipment Manufacturer
ORD	Operational Requirements Document
P/N	Part Number
PHS&T	Packaging, Handling, Storage and Transportation
PMTR	Preventive Maintenance Task Requirements
QPA	Quantity per Aircraft
R	Riparabile (componente)

RD	Reliability Deviation
ROR	Request Of Removal
S/N	Serial Number
SMA	Scheduled Maintenance Analysis
TAT	Turn Around Time
TDP	Technical Data Package
UR	Unscheduled Removal
URR	Unscheduled Removal Rate
Rif.	Riferimento
WR	Work Report

### 3 SPECIFICHE E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le specifiche relative allo sviluppo dell'ILS sono il frutto della collaborazione dei principali attori in campo aeronautico e aerospaziale a livello internazionale. In particolare, alla sua base vi sono gli sforzi congiunti dell'ASD e dell'AIA. Tali specifiche sono suddivise in una serie di pubblicazioni, ciascuna delle quali copre un aspetto importante relativo allo sviluppo del supporto logistico:

- **SX000i - International guide for the use of the S-series ILS specifications:**  
guida all'utilizzo dell'intero set di specifiche, con la presentazione dei principali prodotti dell'ILS, e l'analisi dei legami che intercorrono tra ciascuna delle pubblicazioni.
  
- **S1000D - International specification for technical publications using a common source database:**  
si tratta di una specifica per la produzione, gestione e distribuzione di pubblicazioni tecniche ed informative, indicata per prodotti sia civili che militari. Le informazioni prodotte seguendo questa pubblicazione sono create in forma modulare nei cosiddetti *data modules*. Questi ultimi rappresentano quindi la più piccola unità di informazione contenuta in una pubblicazione. L'utilizzo della S1000D è legato al raggiungimento di uniformità della struttura dei documenti e della forma dei dati e votato alla riduzione del processamento di informazioni riducendo così i costi. È inoltre basato sulla collaborazione internazionale di industria e clienti.
  
- **S2000M - International specification for material management – Integrated data processing for military equipment:**  
originariamente pensata per la definizione delle procedure di gestione dei materiali necessari al supporto di velivoli ed altri veicoli aerei militari (inclusi gli equipaggiamenti di supporto di terra), è oggi utilizzabile per il supporto di progetti civili. I processi descritti nella S2000M evidenziano le interazioni tra clienti e fornitori che, sulla base di accordi contrattuali, portano all'approvvigionamento delle risorse necessarie a garantire la disponibilità del prodotto.
  
- **S3000L - International procedure specification for LSA:**  
la LSA è un processo fondamentale per garantire una corretta implementazione dei principi dell'ILS. Si configura come lo strumento principale per progettare prodotti ottimizzati sia dal punto di vista del LCC che per quanto riguarda i requisiti di *Reliability*, *Availability*, *Maintainability*, *Testability* e *Safety*. È inoltre essenziale per:
  - sviluppare e definire tutte le risorse necessarie a supportare il prodotto durante la fase operativa; definire i processi, i requisiti e lo scambio di dati che guidano l'LSA durante l'intero ciclo vitale del prodotto;
  - stabilire una linea guida per la realizzazione della scomposizione del prodotto (*Product Breakdown*) a scopi logistici;

- definire la metodologia di svolgimento di analisi essenziali per il supporto logistico; evidenziare i legami tra LSA ed i prodotti dell'ILS.

Per i profondi legami con tutte le altre specifiche non può, di fatto, essere considerata a sé stante.

- **S4000P - International specification for developing and continuously improving preventive maintenance:**

L'utilizzo delle metodologie di analisi delle S4000P è essenziale per la completa determinazione dei PMTR, ovvero per la programmazione della manutenzione preventiva, basata quindi su interventi a intervalli periodici. Essa deve essere sviluppata in parallelo al prodotto e deve essere disponibile prima dell'inizio della fase operativa. L'ottenimento dei PMTR è essenziale per l'elaborazione dell'*Operator Maintenance Plan* (OMP), un documento base per la definizione dei processi manutentivi. Durante la *In Service Phase* la S4000P fornisce una continua revisione della programmazione, tenendo conto dell'efficacia dimostrata proprio durante la fase operativa. È molto importante che tutti i processi e le analisi legate a tale specifica siano opportunamente adattate al progetto in questione. Ogni successiva modifica deve mirare all'assicurare e migliorare la *Safety* del prodotto e ottimizzare il LCC e la disponibilità dello stesso.

- **S5000F - International specification for in service data feedback:**

lo scopo della S5000F è di fornire una linea guida per la programmazione del feedback di informazioni tra il prodotto e gli addetti alla manutenzione, gli OEM o altri operatori durante la fase operativa. Essa costituisce, inoltre, un'interfaccia tra il cliente e tutte le varie attività dell'ILS. Il feedback di dati, basato sull'utilizzo di un database, è una delle funzioni più importanti del supporto durante la fase di servizio, permettendo ai produttori e agli operatori di effettuare un'attenta analisi delle performance a livello operativo e manutentivo. I risultati dell'ISDA costituiscono le basi per un affinamento del supporto e lo sviluppo di modifiche al prodotto.

- **S6000T - International specification for training analysis and design:**

ancora in fase di sviluppo, questa specifica tratterà dello sviluppo del programma di training, basato sulla *Training Needs Analysis* (TNA).

Sono inoltre disponibili un gruppo di pubblicazioni di supporto:

- **SX001G - Glossary for the S-Series ILS specification**
- **SX002D - Common data model for the S-Series ILS specifications**
- **SX003X – Compatibility matrix for the S-Series ILS specifications**
- **SX004G – Unified Modeling Language (UML) model reader's guidance**

- **SX0005I – Implementer’s guide for the S-Series messaging schemas**

L’obiettivo di tali specifiche è principalmente quello di stabilire un linguaggio comune relativo all’ILS, ai suoi processi e alle risorse necessarie lungo tutte le fasi della vita del prodotto. Si può quindi ottimizzare il costo e le performance dello stesso, così come quello del supporto logistico ad esso relativo. Si potrà inoltre rispondere rapidamente al cambiamento di requisiti in corso d’opera e permettere una più semplice collaborazione tra clienti e produttori attraverso la semplificazione dello scambio di informazioni.

Perché sia implementata la soluzione caratterizzata dal miglior rapporto costo/efficienza, è fondamentale che le attività logistiche siano integrate a tutti i livelli nel processo ingegneristico in modo che si ottengano sia le performance richieste dal prodotto, che un supporto adeguato in termini di costi e di prestazioni.

Il raggiungimento di questi obiettivi è legato all’attenzione rivolta al mondo industriale dei Produttori e a quello maggiormente votato all’operatività dei Clienti, nonché al grande livello di integrazione dell’intero gruppo di specifiche.

In particolare, la **riduzione dei costi** di progettazione è raggiunta grazie:

- Alla definizione di una linea guida chiara per la progettazione del supporto svincolata da regolamenti nazionali o specifici per dato progetto;
- All’assicurare un facile utilizzo delle specifiche per il supporto di progetti differenti;
- Alla creazione di un modello comune per i dati in grado di garantire l’interoperabilità delle specifiche e definire dei meccanismi di scambio di dati tra le varie discipline concernenti il supporto logistico.

La **riduzione della complessità del progetto** da parte delle specifiche è invece legata:

- Al trattare tutti gli aspetti relativi al supporto logistico durante il ciclo vitale di un prodotto, rappresentando quindi una soluzione unica ed integrata;
- Alla definizione di uno standard per la creazione e trattamento dei dati durante il life cycle, fornendo un modello comune;
- All’essere frutto della collaborazione internazionale, assicurando così uno scambio di conoscenze volto alla maggiore efficienza e semplificazione del supporto logistico.

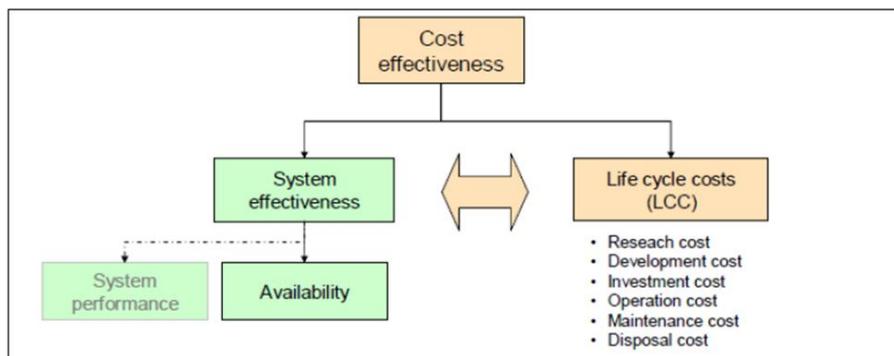


Figura 1 Bilanciamento tra prestazioni del sistema e LCC

Il gruppo di specifiche si dimostra inoltre resistente nei confronti di future innovazioni, essendo costantemente revisionato per includere sviluppi tecnologici o cambiamenti significativi nell'approcciare il progetto del supporto logistico. Inoltre, per assicurare l'interoperabilità con altri campi (ingegneria, produzione, politiche ambientali) è in stretta collaborazione con altri gruppi di standardizzazione tra cui l'ISO.

Si osserva come il massimo risultato può essere ottenuto soltanto grazie all'applicazione dell'intero gruppo di specifiche, sfruttando quindi a pieno la forte integrazione che le caratterizza.

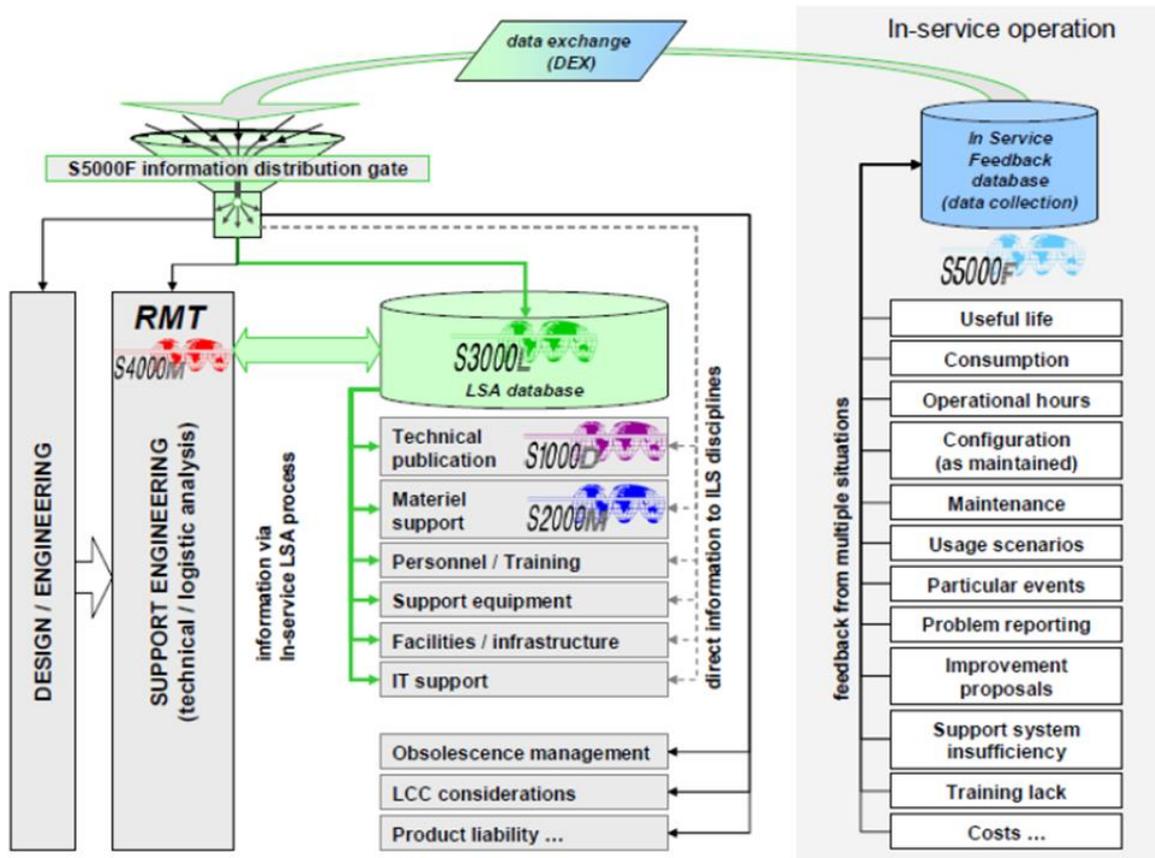


Figura 2 Integrazione tra le specifiche e processo di feedback per l'ISDA

In particolare, la Figura 2 evidenzia che la specifica di riferimento più importante per l'implementazione di un processo ISDA è la **S5000F**. Questa pubblicazione si concentra infatti sulla gestione delle informazioni relative alle prestazioni del prodotto, a quelle legate allo svolgimento di interventi manutentivi e all'avvenimento di determinati eventi durante la vita operativa. In figura si nota come il feedback delle informazioni ottenute in servizio mette in moto una nuova iterazione delle analisi previste dalle altre specifiche. Sarà quindi possibile introdurre delle modifiche mirate al progetto, rivedere la SMA prevista dalla S4000M ottimizzando la programmazione degli interventi manutentivi schedulati, aggiornare il database logistico relativo alla LSA e quindi revisionare le pubblicazioni tecniche ed il materiale (equipaggiamenti, parti di ricambio) necessario al supporto del prodotto.

Per la corretta implementazione della retroazione di dati e informazioni durante la fase di servizio è fondamentale conoscere profondamente il task che deve essere svolto in modo da evitare di richiedere dati non strettamente necessari.

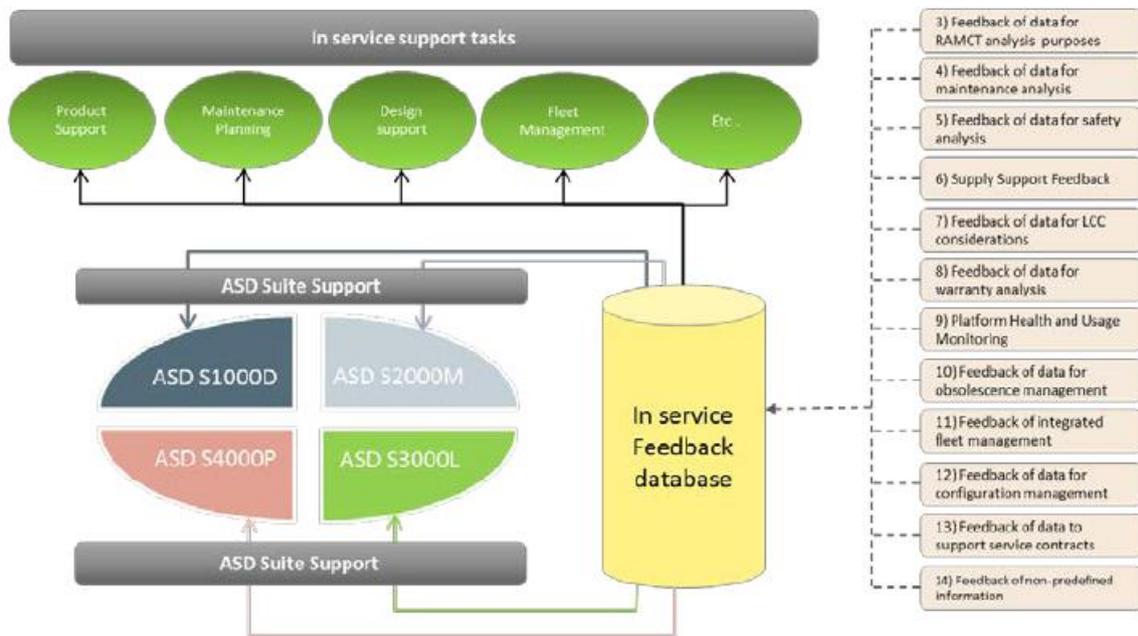


Figura 3 Processo di feedback per ISDA

Come mostrato nella *Figura 3* i dati possono riguardare fattori ben specifici che influenzano la vita del prodotto come ad esempio la gestione e analisi della fase manutentiva o l'obsolescenza. Tali dati, originati da varie fonti, saranno quindi fatti confluire in un database (*In Service Feedback Database*) per poi essere utilizzati per specifici processi di analisi. Molto spesso, a causa della varietà degli interlocutori a cui ci si deve rivolgere per l'ottenimento delle informazioni, si rende necessaria una fase di **consolidamento** per organizzare i dati grezzi nel database. Tale necessità è ancora più evidente se si pensa che il formato dei dati può essere diverso per le varie Aziende. In particolare, la S5000F elenca quali informazioni sono necessarie per un certo task.

Il FRACAS è invece oggetto della specifica **MIL-STD-2155**. Tale processo si configura come un loop chiuso mirato all'individuazione delle cause dei *failure* verificatisi e alla successiva individuazione e implementazione di azioni correttive in grado di ridurre o, nel migliore dei casi, azzerare la frequenza con cui si manifestano. È pertanto uno strumento fondamentale per il soddisfacimento dei requisiti di affidabilità e manutenibilità di sistemi, equipaggiamenti o moduli di prodotti aeronautici civili o militari.

Passi fondamentali di tale analisi sono l'individuazione dei *failure*, sia a livello hardware che software, l'operazione di report del malfunzionamento osservato ed una successiva analisi volta alla comprensione delle cause dello stesso. Sarà quindi possibile proporre delle azioni correttive che, una volta implementate, dovranno essere verificate andando a monitorare il funzionamento del sistema o

del componente oggetto di studio. L'efficacia dell'azione correttiva si manifesterà proprio con una riduzione della frequenza con cui il *failure* si verifica.

È evidente che la fase di progettazione è caratterizzata dalla maggiore flessibilità e dal maggior numero di opzioni per quanto riguarda le azioni da intraprendere. Man mano che il progetto si va delineando esse saranno sempre più limitate. Un buon progetto ingegneristico deve quindi puntare all'eliminazione del maggior numero possibile di cause di *failure* prima che il prodotto intraprenda la sua vita operativa.

Viste le modalità di svolgimento dell'analisi FRACAS è quindi possibile individuare una linea di collegamento con l'ISDA della S5000F. Per individuare e quindi analizzare i *failure* verificatisi durante la vita operativa è infatti importante una fase preliminare di raccolta di dati in servizio, cui seguirà una fase di analisi volta ad individuare gli item più critici dal punto di vista dell'affidabilità e che saranno quindi sottoposti ad un'indagine FRACAS.

## 4 INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT

L'Integrated Logistic Support è un processo iterativo ed altamente integrato volto allo sviluppo di una strategia e l'ottenimento delle risorse, umane e materiali, necessarie all'ottimizzazione del supporto logistico, nonché all'influenzare e guidare il progetto ingegneristico di un certo prodotto con l'obiettivo ultimo di ridurre il suo LCC, pur garantendo il livello di prestazioni richieste.

Nato originariamente per sistemi aerei militari, è oggi largamente utilizzato in campo civile per la definizione dei requisiti del prodotto e lo sviluppo del supporto logistico, in modo da creare prodotti che durino di più e richiedano un minor (e più semplice) supporto, facendo quindi crescere il ritorno economico legato a un certo progetto. Per far ciò l'ILS interviene sia all'inizio che durante la vita operativa del sistema, servendosi dell'analisi dei dati ottenuti durante le varie fasi del *Life Cycle*.

Gli obiettivi dell'ILS sono raggiunti grazie:

- Al progettare tenendo presente il supporto necessario sin dalle prime fasi (*Design for Support*) in modo da minimizzare e semplificare le operazioni di manutenzione, nonché l'addestramento richiesto, e ridurre il LCC.
- Al progetto del supporto (*Design of Support*) in modo da pianificare, testare e ottenere tutte le risorse necessarie a garantire il livello ottimale di performance e di disponibilità del prodotto in un certo scenario operativo e con un certo profilo di missione.
- Al fornire supporto logistico dalle prime fasi di vita di un prodotto fino al suo ritiro. È quindi necessario assicurarsi che le risorse siano disponibili per tempo e che la strategia di supporto sia adattata al variare dei requisiti operativi o all'introduzione di nuove tecnologie.

L'ILS permette quindi di definire la strategia iniziale di supporto per un nuovo prodotto o di valutare la bontà del supporto relativo a prodotti già esistenti. In particolare, molto importante è la suddivisione in fasi della vita del prodotto e la presentazione dei prodotti dell'ILS, unitamente alle attività ad essi correlati.

### 4.1 ILS NEL PROGETTO INGEGNERISTICO

La *System Engineering* è un processo iterativo per lo sviluppo di un prodotto che risponda ai requisiti. Ciò è ottenuto:

- Analizzando i bisogni del Cliente e convertendoli in requisiti;
- Valutando le alternative architettoniche in grado di rispondere a tali bisogni e selezionando la configurazione migliore sotto l'aspetto della costo-efficienza, considerando anche il supporto e l'ambiente operativo;
- Progettando ed implementando la soluzione prescelta;
- Assicurandosi che il prodotto soddisfi i requisiti fissati.

La via che porta alla selezione della configurazione migliore non può prescindere dall'ILS. In generale, a ciascun passo del progetto ingegneristico saranno correlate varie attività relative al

supporto logistico, che si configura per l'appunto come integrato. Si faccia riferimento alla *Tabella 1* per comprendere i principali task legati all'ILS relativi ad una certa fase del processo ingegneristico.

*Tabella 1 Task/prodotti dell'ILS nel processo ingegneristico*

<i>System engineering process</i>	<i>ILS Task/Product</i>
<i>Project planning</i>	<i>System engineering plan, ILS Plan, ILS Element Plan</i>
Definizione dei requisiti	<i>Concept of Operations, Concept of Support, Scenario Analysis</i>
Analisi dei requisiti	<i>Scenario and What-if analysis, ILS Requirements HFE/HSI Requirements</i>
Progetto	<i>Trade off studies, Risk Analysis, Product Element Requirements, Life Cycle Cost Analysis (LCCA), Preliminary Safety Analysis</i>
Implementazione	Realizzazione di prodotti dell'ILS come addestramento, documentazione, procedure e accordi per la fornitura, LSA, LCCA, <i>Human Factors Analysis</i>
Integrazione	Realizzazione di prodotti dell'ILS come addestramento, documentazione, procedure e accordi per la fornitura, LSA, LCCA, <i>Human Factors Analysis</i>
Verifica	Verifica del soddisfacimento dei requisiti fissati relativi al prodotto e al supporto logistico
Transizione	Completamento prodotti logistici
Validazione	Valutazione dell' <i>Availability</i> e verifica dei requisiti
Fase operativa	Fornitura del supporto logistico durante la vita operativa; <b><i>In Service Data Analysis</i></b> (ISDA)
Manutenzione	Svolgimento di operazioni di manutenzione
Fine vita ( <i>Disposal</i> )	<i>Disposal Concept</i> , trattamento rifiuti pericolosi

Si analizzano quindi più approfonditamente le varie fasi del progetto ingegneristico.

- ***Project planning***

Tale processo conduce alla pianificazione delle attività, all'identificazione degli output di vari processi e stabilisce delle scadenze relative a determinati task. È opportuno prevedere dei punti di contatto tra l'ILS e la *System Engineering*, in special modo per ciò che concerne le attività connesse alla *Reliability, Availability, Maintainability e Testability*.

- ***Definizione dei requisiti***

La definizione dei requisiti costituisce un punto fondamentale per lo sviluppo del prodotto e quindi rappresenta anche la base dello sviluppo del supporto logistico. La vita operativa e il supporto logistico devono essere analizzati considerando attentamente fattori come l'ambiente operativo, permettendo di individuare requisiti non formalmente fissati dal cliente, come ad esempio la necessità di un addestramento particolare o l'impiego di un certo equipaggiamento per lo svolgimento di azioni manutentive.

- ***Analisi dei requisiti***

Tale processo porta alla trasformazione dei requisiti definiti al punto precedente in requisiti funzionali e prestazionali dell'intero prodotto, includendo quindi anche il supporto. È necessaria la collaborazione tra campi diversi, dal management all'ingegneria e alla logistica, per ottenere un set completo e accurato di requisiti. I requisiti legati al supporto devono essere considerati fin dall'inizio per assicurarsi che la progettazione ponga sempre l'attenzione verso quest'aspetto.

- ***Architectural design (Progetto)***

Il progetto vero e proprio è un processo creativo e generalmente non esiste un'unica soluzione che soddisfa i requisiti imposti. Se tali requisiti riguardano fattori quali l'*Availability*, e quindi l'operatività del prodotto, o il supporto logistico, saranno necessari alcuni studi e analisi volte a stabilire dei criteri per integrare il progetto di ciascun elemento dell'ILS al prodotto. Bisognerà inoltre tener presente quali requisiti sono correlati alla presenza di un operatore per tenere presente i limiti delle capacità umane e fattori quali la sicurezza e la salute del Personale. Nelle prime fasi della progettazione, si andranno a modellare differenti alternative, arrestando il progetto ad un livello di dettaglio tale da consentire un confronto ed individuare quindi la migliore soluzione, attraverso analisi di *trade off*. Una volta fissata la configurazione, si procederà poi allo sviluppo del progetto di dettaglio.

- ***Implementazione***

Il processo di implementazione corrisponde alla produzione del prodotto. Accanto al prodotto devono però essere considerati elementi legati all'ILS come addestramento, produzione di documentazione tecnica, definizione di accordi e procedure per la fornitura di risorse di varia natura. In questa fase

l'ILS richiede la definizione di dati circa l'individuazione di *failure*, la fase operativa e la manutenzione. Una volta che tali dati sono disponibili possono essere ottenuti i primi prodotti dell'ILS. L'implementazione permette di osservare se i requisiti sono soddisfatti a livello dei singoli elementi.

- ***Integrazione***

Il processo consiste nel verificare che il prodotto completo sia in grado di offrire le funzionalità richieste. In particolare, è importante assicurarsi che sia le interfacce tra elementi interni, che quelle verso l'esterno siano verificate in modo da garantire il corretto flusso di dati e quindi validare l'intero prodotto (non più al livello dei singoli elementi). Chiaramente sia il prodotto, che gli elementi che ne costituiscono il supporto andranno confrontati con i requisiti stabiliti in fase di analisi. La fase di integrazione va attentamente analizzata per individuare tempestivamente qualunque non conformità ai criteri stabiliti e permettere di intraprendere le giuste azioni correttive.

- ***Verifica***

La fase di verifica corrisponde ad un'attenta valutazione dei singoli elementi e dell'intero prodotto, senza perdere di vista il supporto logistico. Alcune delle attività tipiche di questa fase sono: ispezioni, analisi, test e certificazioni.

- ***Transizione***

La fase di transizione è caratterizzata dal passaggio del prodotto ed annessi elementi di supporto (servizi, operatori, procedure e addestramento) da un'organizzazione (azienda Produttrice) ad un'altra (azienda Cliente). Il completamento della transizione segna tipicamente l'ingresso nella fase operativa del prodotto. Come tale è necessario che esso sia posto nel suo ambiente operativo, e che tutti gli elementi e i servizi per il supporto siano disponibili in modo da garantire il raggiungimento del requisito di Disponibilità del prodotto.

- ***Validazione***

La validazione serve da ulteriore conferma che i requisiti del cliente siano pienamente soddisfatti e verifica che il prodotto sia completo considerando anche i servizi da fornire.

- ***Fase operativa***

La *In Service Phase* corrisponde alla fase della vita in cui il prodotto viene usato, prevedendo quindi l'assegnazione di Personale per il suo funzionamento ed il monitoraggio delle *performance*.

Considerando anche il consumo di certi materiali (combustibile, parti di ricambio) e lo svolgimento di determinate attività di supporto, si tratta tipicamente della fase più costosa dell'intero *Life Cycle*. È quindi molto importante monitorare alcuni parametri ed indicatori delle prestazioni in modo da intraprendere opportune azioni correttive in caso si cada al di fuori di un certo livello limite. L'analisi di tali parametri può influenzare futuri progetti di prodotti simili.

- ***Manutenzione***

La fase manutentiva consente al prodotto di svolgere sempre al meglio la sua funzione. È responsabile per la sostituzione di determinati elementi del prodotto, così come la fornitura del supporto logistico necessario. Ciò significa quindi pianificare attentamente lo stoccaggio dei componenti di ricambio sulla base della strategia manutentiva e della frequenza di guasto osservata. È molto importante analizzare i *failures* che si verificano, così come evidenziare eventuali vincoli per la manutenzione, in modo da influenzare futuri progetti. Inoltre, è necessario raccogliere dati riguardanti i guasti verificatisi in modo da poter valutare le performance durante l'intero *life cycle*.

- ***Disposal***

Lo scopo di questa fase è di terminare la vita di un prodotto. Essa va dal ritiro del prodotto dalla fase operativa, fino all'eventuale distruzione dei componenti da smaltire. Il ritiro del prodotto colpisce evidentemente tutto l'apparato di supporto e manutentivo con il fine ultimo di arrestare completamente tali servizi con il completamento di questa fase. Le procedure di *disposal* vanno riviste e aggiornate tenendo conto della necessità di disfarsi di materiali pericolosi e definendo la migliore strategia che può anche prevedere il parziale riciclaggio dei materiali interessati. Vanno in ogni caso considerate le normative nazionali soprattutto per quanto riguarda la gestione di materiali pericolosi.

#### **4.2 PRODOTTI DELL'ILS**

Le attività svolte e i prodotti conseguiti dall'ILS sono funzione della fase considerata, così come del tipo di prodotto. Se, infatti, per un prodotto di nuova concezione potrebbe essere opportuno sviluppare l'intero gruppo di elementi ILS, per uno già esistente sarà meglio concentrarsi sul fornire una risposta a bisogni precisi. Si indica con *Tailoring* il processo mediante il quale si adatta la metodologia di implementazione dell'ILS, individuando le attività che devono essere svolte dipendentemente dalla dimensione e complessità del progetto, così come da eventuali accordi contrattuali. La prima fase del *Tailoring* consiste nella categorizzazione delle attività ILS concordemente con vincoli e requisiti progettuali. In particolare, si distingue in attività obbligatorie, opzionali e non applicabili. Si procede quindi all'allocazione delle risorse necessarie per le attività obbligatorie: il bilancio tra risorse necessarie e disponibili costituisce un vincolo per la programmazione delle attività opzionali. Ciascuna di tali attività deve sempre essere valutata nell'ottica costi-benefici. Si termina quindi con la selezione definitiva di attività che saranno svolte.

L'ILS si basa sull'integrazione di tutte le funzioni e attività richieste per sviluppare il supporto, ottimizzando il LCC e garantendo che il prodotto soddisfi i requisiti. Queste funzioni sono suddivise in 12 categorie che costituiscono i prodotti dell'ILS. Si analizzano quindi tali prodotti. Per una breve descrizione dei principali processi di analisi utilizzati nello sviluppo si faccia riferimento all'*Appendice 8.4*.

- ***Computer resources***

L'obiettivo di tale prodotto è garantire l'identificazione e pianificazione di tutte le risorse *hardware* e *software*, nonché della documentazione e del Personale necessari alla gestione di sistemi *hardware* e/o *software* critici per la missione. Si basa sullo svolgimento di due attività: ***Computer resource analysis*** per determinare l'effettiva necessità di risorse di questo tipo, tenendo conto di requisiti individuati da altre analisi e del materiale già disponibile; ***Fornitura delle risorse*** che consiste nello sviluppo, produzione e installazione delle risorse.

- ***Design influence***

Per *Design influence* si intende l'integrazione dei parametri quantitativi della *System Engineering* con i prodotti dell'ILS. Esso riflette l'interazione dei parametri di progetto con i requisiti di supporto. In tal modo i requisiti di supporto sono mutuati per assicurare che il prodotto raggiunga la desiderata *Availability* ed il raggiungimento dell'ottimizzazione e bilanciamento dei costi del prodotto e del supporto. Si basa su tre processi: ***Life Cycle Cost Analysis*** per determinare quale alternativa sia la migliore dal punto di vista del rapporto prestazioni/costo; ***Logistic Support Analysis*** per la costruzione di un database in cui sono contenuti tutti i dati logistici (per la realizzazione di tale database e le modalità di svolgimento dell'analisi si faccia riferimento all'*Appendice 8.4*) necessari per gli scambi di dati tra i vari prodotti dell'ILS in modo da garantire la consistenza della comunicazione; ***RAMT Analysis*** per valutare il prodotto dal punto di vista della *Reliability*, *Availability*, *Maintainability* e *Testability*.

- ***Facilities and Infrastructure (F&I)***

Si tratta di strutture permanenti e semipermanenti necessarie per supportare ed utilizzare il prodotto. Sono necessari degli studi appositi per definire il tipo di strutture e la quantità di spazio, così come le condizioni ambientali, di sicurezza e gli equipaggiamenti necessari. Data la grande quantità di tempo, nonché i costi, necessari per l'acquisizione e/o realizzazione delle F&I è opportuno considerarle fin dalle prime fasi della progettazione. Sono svolte 2 attività fondamentali: ***F&I Analysis*** per determinare i requisiti in termini di F&I basandosi anche su altri prodotti dell'ILS e tenendo conto delle infrastrutture già esistenti; ***Fornitura F&I*** per l'acquisizione e/o costruzione delle F&I necessarie.

- ***Maintenance***

Stabilisce i requisiti di manutenzione del prodotto lungo il suo *Life Cycle*. Tale fattore ha un grande impatto sulla pianificazione e sullo sviluppo degli altri elementi che costituiscono la catena di supporto logistico. Il suo obiettivo principale è pianificare e implementare la miglior strategia manutentiva per assicurare il requisito di disponibilità del prodotto al minor costo possibile. Si basa sull'esecuzione delle seguenti attività: Sviluppo del ***Maintenance concept***; Sviluppo del ***Maintenance Plan***; ***Esecuzione delle task manutentive***; ***Diagnostics, Prognostics And Health Management Analysis (D&PHM)***; ***Level Of Repair Analysis (LORA)***; ***Maintenance Task Analysis (MTA)***; Sviluppo dei ***Preventive Maintenance Task Requirements (PMTR)***; ***Software Impact Analysis (SIA)***; ***Supportability Safety Analysis***.

- ***Manpower & Personnel***

Il suo obiettivo è l'identificazione e la pianificazione del personale e del relativo livello di qualifica richiesto allo svolgimento delle varie task. In particolare, è necessario operare adeguatamente sia il prodotto che l'equipaggiamento necessario al completamento della missione e delle operazioni di supporto. Tale prodotto si basa sulla ***Manpower & Personnel Analysis*** che permette di selezionare ed allocare il personale con il giusto livello di abilità e conoscenza per una data attività.

- ***Packaging, Handling, Storage and Transportation (PHS&T)***

Accanto alle attività associate con la manutenzione e riparazione del prodotto, ci sono alcuni aspetti supplementari che devono essere considerati. Questi, pur non essendo direttamente correlabili ad altri elementi dell'ILS, sono molto importanti per il corretto uso del prodotto. Per tale ragione viene effettuata un'apposita ***PHS&T Requirements Analysis*** in modo da individuare, in alcuni casi fin dalle prime fasi di progetto, i requisiti che rientrano in questa categoria.

- ***Product Support Management***

Consiste nella gestione del supporto al prodotto. Si basa sullo svolgimento di quattro attività: Individuazione dei ***Product Support Requirements***; Sviluppo dell'***ILS Plan***; ***Obsolescence Management***; ***Contract Management*** (tale attività serve ad assicurarsi che i contratti in essere siano correttamente eseguiti).

- ***Supply support***

Rientrano in tale prodotto tutte le attività volte alla pianificazione e gestione dell'acquisizione delle risorse necessarie all'assicurare un supporto efficace al minor costo possibile. Ciò si traduce nell'avere disponibili i giusti ricambi, con il giusto tempismo e al giusto prezzo. È quindi necessario

provvedere sia all'approvvigionamento iniziale che al rifornimento dell'inventario. Sono quindi svolte 2 attività: **Raccolta dati** per conoscere le quantità di risorse che deve essere rifornita; **Effettuazione del rifornimento** che consiste nella gestione ed evasione degli ordini da parte dei Fornitori. Per evitare problemi di ambiguità è opportuno implementare una codifica che assegni un nome univoco a ciascun componente.

- **Support equipment**

Tale prodotto mira all'acquisizione di tutto l'equipaggiamento di supporto necessario alle operazioni e alla manutenzione, assicurando quindi che il prodotto soddisfi i requisiti di *Availability* al minor costo possibile. Esso si basa su 2 attività: **Analisi dei requisiti di equipaggiamento di supporto** per identificare l'equipaggiamento necessario (eventualmente richiesto da altri elementi dell'ILS); **Fornitura dell'equipaggiamento di supporto** che consiste nello sviluppo, produzione e installazione dell'equipaggiamento.

- **Sustaining engineering**

Essa sostiene il prodotto nel suo ambiente operativo, basandosi su alcune attività di analisi volte all'assicurare la continua operatività del prodotto. Inoltre, riguarda la risoluzione di mancanze individuate durante il suo ciclo vitale. Si rivela molto utile per individuare modi per migliorare le prestazioni. Le attività ad essa correlate sono legate alla verifica di mancanze tecniche del prodotto con annessa analisi delle possibili azioni correttive. Esse sono: **Engineering Technical Analysis** per l'individuazione delle mancanze; **Fornitura di disposizioni e raccomandazioni per la modifica del progetto** per lo sviluppo di soluzioni nei confronti dei problemi individuati.

- **Technical data**

Si tratta di informazioni di natura scientifica o tecnica, escludendo però software o informazioni di carattere gestionale. Rientrano in tale elemento tutte quelle attività volte alla raccolta di tali informazioni ed alla produzione (revisione) di pubblicazioni tecniche. In particolare, si basa su 2 attività: Sviluppo di un **Technical Data Package (TDP)**: un TDP è essenzialmente una descrizione di un item adeguata allo sviluppo e gestione della logistica lungo tutto il suo ciclo vitale. Descrive inoltre la configurazione e le procedure richieste per il raggiungimento delle prestazioni desiderate. Alcuni dei dati che possono essere riportati sono: requisiti prestazionali, disegni ingegneristici, standard e specifiche. Lo sviluppo di un TDP deve essere adeguatamente organizzato, a partire dall'identificazione dei dati necessari, passando per l'acquisizione degli stessi, giungendo quindi alla fase di analisi. La seconda attività è la **Produzione di pubblicazioni tecniche**, ovvero di documenti volti alla descrizione delle funzionalità ed architettura di un prodotto. Normalmente includono istruzioni operative e relative alla manutenzione, così come una lista delle parti (*Product Breakdown*).

- ***Training and training support***

L'obiettivo di tale prodotto è identificare le necessità di addestramento ed implementare una strategia per addestrare il personale in modo da fornirgli la capacità di operare e supportare il prodotto durante il suo intero ciclo vitale assicurando quindi un livello di prestazioni ottimale sia del prodotto che dell'apparato di supporto. Si basa sullo svolgimento di quattro attività: ***Training Needs Analysis (TNA)***, Sviluppo del ***Training Plan***, ***Sviluppo del sistema d'addestramento***, ***Somministrazione dell'addestramento***. Con la TNA si mira ad individuare i requisiti di addestramento evidenziati anche dall'LSA. Si osserva come tali requisiti non coprano soltanto l'utilizzo del prodotto, ma anche le attività di manutenzione e supporto. Si possono distinguere due differenti fasi dell'addestramento:

- Addestramento iniziale per gli operatori e manutentori precedente all'introduzione del prodotto;
- Addestramento di sostentamento che inizia una volta terminato quello iniziale e mira ad aggiornare il personale già preparato, oltre ad addestrare nuovi operatori durante la vita operativa del prodotto.

## 5 PROCESSI ISDA & FRACAS

Nei paragrafi a seguire si analizzano i processi ISDA e FRACAS avendo cura di evidenziarne gli obiettivi, i dati di input utilizzati per le analisi e le modalità operative. Tali processi vedono applicazione negli allegati in *Appendice 8.2* e *8.3*. In particolare, il lavoro svolto è stato l'implementazione dell'ISDA al caso di studio proposto dall'azienda Cliente, culminato poi nella produzione di una disposizione operativa relativa all'applicazione del FRACAS in ambito aeronautico.

### 5.1 *IN-SERVICE DATA ANALYSIS (ISDA)*

#### 5.1.1 **Scopo e descrizione generale del processo**

L'implementazione di un processo ISDA mira alla raccolta dei dati relativi alla fase operativa di un prodotto con l'obiettivo ultimo di completare diverse tipologie di analisi. Nel caso proposto dall'azienda Cliente, l'ISDA si è utilizzata per raccogliere ed analizzare i dati relativi all'impiego dei velivoli, suddivisi in varie flotte, e le informazioni relative ai guasti verificatisi con lo scopo di individuare delle criticità in relazione all'Affidabilità dei componenti. Sarà poi compito di analisi successive (FRACAS) individuare le cause scatenanti e adottare opportuni rimedi.

Come già evidenziato al Capitolo 3 la specifica di riferimento per la realizzazione di un processo ISDA è la S5000F. Il primo e fondamentale passo è rappresentato dalla raccolta dei dati durante la fase operativa delle Flotte oggetto di studio, per la costruzione di un database contenente tutte le informazioni riguardanti l'impiego dei velivoli, unitamente a quelle concernenti l'avvenimento di determinati eventi (guasti, richieste di rimozioni, riparazioni) che hanno interessato gli item sotto osservazione. I dati utilizzati come input per l'ISDA saranno dettagliati più approfonditamente nei prossimi paragrafi.

È però essenziale comprendere che i dati così raccolti dovranno subire una preliminare fase di **consolidamento** prima di essere servibili per il prosieguo dell'analisi. Il consolidamento mira all'ottenimento di un insieme di dati consistenti e statisticamente rilevanti per lo svolgimento del task in oggetto. Nel descrivere gli elementi fondamentali che costituiscono il database si evidenzieranno le scelte effettuate in tal senso.

Una volta consolidato il database, si darà inizio all'analisi vera e propria. In particolare, le principali fasi del processo ISDA implementato sono:

- **Analisi Operativa:** analisi dell'impiego dei velivoli suddivisi in flotte.
- **Analisi di Affidabilità:** Calcolo dell'affidabilità delle flotte, dei velivoli e degli item in oggetto sulla base dei dati raccolti in servizio.
- **Calcolo URR (Trend Analysis):** calcolo della frequenza delle rimozioni non schedate e analisi del suo andamento nel tempo.
- **Selezione Top Unreliable Item:** analisi basata su parametri come l'MTBUR.
- **Selezione Item critici:** analisi basata su un Best Engineering Judgment.

L'ISDA si conclude quindi con un report contenente anche le azioni consigliate da intraprendere per poter ottenere un miglioramento dell'Affidabilità.

### 5.1.2 Schema del processo

Si riportano in uno schema a blocchi le fasi della *In Service Data Analysis*.

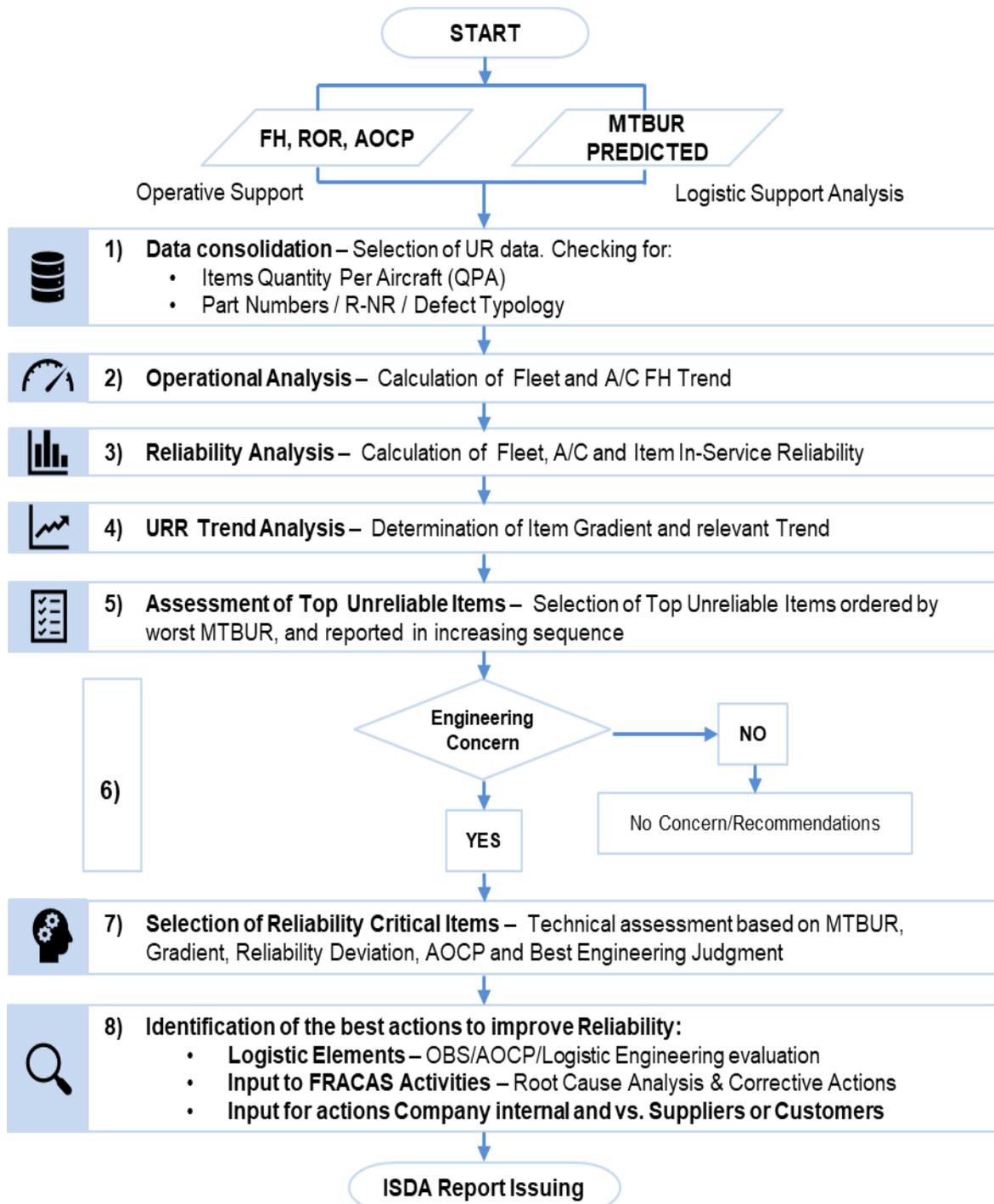


Figura 4 Flow chart del processo ISDA

### 5.1.3 Tipologia, raccolta e consolidamento dei dati per ISDA

Si passano in rassegna i tipi di dati utilizzati come input del processo ISDA. Come già anticipato essi riguardano sia i velivoli nelle varie flotte, che gli item installati sugli stessi. Il formato dei dati, così come le modalità di conservazione, accesso e condivisione del database sono da stabilire a livello aziendale. Le principali informazioni fatte confluire in esso sono:

- **Numero di velivoli e organizzazione in flotte:** si riporta il numero di velivoli operativi nell'intervallo di tempo considerato e la loro suddivisione in flotte.
- **Ore di volo annuali:** si riportano le ore di volo annuali di ciascun velivolo. Ciò consente di effettuare il calcolo di parametri particolarmente significativi per quanto riguarda la vita operativa di un prodotto aeronautico come il numero di **ore medie annuali** e le **ore cumulate** per velivolo e per flotta. Già dall'analisi di questi dati è possibile stabilire se il requisito di disponibilità è stato soddisfatto.

	A/C	2014	2015	2016	2017	2018
FLEET 1	AC1-1	265	202	310	202	196
	AC1-2	301	220	184	292	210
	AC1-3	90	198	291	143	205
	AC1-4	0	92	182	201	235

Figura 5 Esempio di raccolta delle ore di volo annuali per i velivoli di una certa flotta

- **Part Number:** codice identificativo del componente.
- **Numero di ROR:** numero di rimozioni effettuate che possono essere schedate e non schedate.
- **Riparabilità di un componente:** gli item vengono classificati in Riparabili (R) e Non Riparabili (NR). Se per i primi è possibile riportare il componente alla piena funzionalità, per i secondi è inevitabile la sostituzione. Dovrà pertanto essere garantita la presenza di parti di ricambio in magazzino. Ciò è vero anche per i riparabili dal momento che in molti casi le riparazioni avvengono al livello del produttore e necessitano dunque di un certo intervallo di tempo in cui il velivolo non potrebbe dunque operare.
- **Usura dei componenti:** fattore molto importante per l'individuazione di item critici è il conoscere quali di essi sono soggetti ad usura. È ovvio infatti che componenti come quelli costituenti l'impianto frenante necessiteranno di un maggior numero di rimozioni e quindi di sostituzioni nell'arco della vita utile di un velivolo. Essi sono pertanto non statisticamente rilevanti.
- **Quantità del componente installata per velivolo (QPA):** numero di item di un certo tipo installati a bordo di un velivolo.

- **Codice ATA:** codice identificativo del sottosistema/componente installato su un velivolo.
- **Data di rimozione del componente dal velivolo:** l'inserimento nel database della data di rimozione di un item può essere significativa ai fini dell'indagine sulle cause che hanno reso necessaria una riparazione/sostituzione dello stesso.
- **Descrizione della difettosità riscontrata:** è opportuno accompagnare la data di una rimozione di un componente con una breve descrizione del malfunzionamento che ne è stato la causa. Ciò può essere di aiuto per guidare analisi successive mirate ad indagare le cause di un dato *failure*.
- **MTBF/MTBUR di progetto:** il MTBF è il tempo medio che intercorre tra il verificarsi di un *failure* ed un altro ed è pertanto uno dei principali indici dell'Affidabilità di un sistema. L'MTBUR è invece il periodo medio che separa due rimozioni non schedate. Entrambi i parametri sono molto importanti nella misura della *Reliability*, ma nell'implementazione del processo ISDA in oggetto si è preferito operare in termini di MTBUR. Il valore previsto è generalmente calcolato dall'applicazione dell'LSA, ma non è sempre disponibile. Per le modalità di svolgimento di tale analisi, importantissima nell'ottica dello sviluppo dell'ILS, si faccia riferimento all'*Appendice 8.4*.
- **Turn Around Time:** il TAT è in generale il tempo necessario al completamento di un processo o un ciclo. In questo caso specifico è il tempo che intercorre tra la rimozione di un componente difettoso ed il suo rientro in magazzino a seguito della riparazione.
- **Dati riguardanti l'AOCP:** l'*Out of Commission for Parts* si verifica a causa della mancanza di parti di ricambio da utilizzare per la sostituzione di componenti malfunzionanti. L'inserimento di questi dati è fondamentale per individuare delle criticità a livello logistico.
- **Work/Investigation Reports (WR/IR) dai fornitori:** è molto importante che nell'implementazione dell'ISDA si faccia riferimento ad eventuali investigazioni o interventi sui componenti già effettuate dai Produttori/Fornitori. Ciò consente di evitare di svolgere nuovamente analisi già completate e di escludere eventuali cause scatenanti di un malfunzionamento. I risultati di tali investigazioni e le azioni svolte su un componente saranno parte del database ISDA.
- **Dati di costo di ricambi/riparazioni:** l'inserimento di dati riguardanti il costo dei ricambi e degli interventi manutentivi è propedeutico ad un'analisi di tipo economico che permetta di ottimizzare il prodotto dal punto di vista del LCC. Tuttavia, pur rivestendo un ruolo di primo piano in una realtà aziendale, uno studio di questo tipo esula dagli scopi di questa trattazione, per cui i dati di costo non sono ritenuti rilevanti.

Per il consolidamento dei dati per la successiva elaborazione, si considereranno le **rimozioni non schedate** per componenti riparabili e non riparabili nel periodo di tempo in analisi. Si escludono dunque le rimozioni schedate, in quanto preliminarmente previste in fase di LSA e dunque non significative ai fini del computo dell’Affidabilità di un sistema. Non sono poi considerati rilevanti gli item soggetti ad usura significativa, i consumabili e gli elementi di supporto a terra.

I P/N dei componenti contenuti nel database sono ordinati in base al codice ATA in modo da poterli raggruppare sotto un unico codice identificativo. Di uno stesso componente possono infatti coesistere varie versioni o modelli.

### 5.1.4 Modalità Operative

In questa sezione si descrivono dettagliatamente le operazioni da svolgere per completare il processo ISDA.

#### 5.1.4.1 ANALISI OPERATIVA

L’analisi operativa riguarda i dati relativi all’operatività dei velivoli sotto osservazione in un certo periodo di tempo (tipicamente si monitorano anni di servizio). È pertanto fondamentale servirsi del database contenente tutte le informazioni relative al numero di velivoli in servizio e la loro suddivisione in flotte. Per ciascun velivolo si analizzano le ore operative annuali allo scopo di calcolare le **ore totali e cumulate** per velivolo e per flotta.

$$FH_{CUMULATE} = \sum_{i=1}^n FH_{year\ i} \quad (1)$$

dove *i* indica l’identificativo dell’anno considerato a partire da quello di inizio conteggio (*i* = 1) a quello di fine conteggio (*i* = *n*).

	A/C	FH					Total A/C FH
		2014	2015	2016	2017	2018	
<b>FLEET 1</b>	AC1-1	265	202	310	202	196	1175
	AC1-2	301	220	184	292	210	1207
	AC1-3	90	198	291	143	205	927
	AC1-4	0	92	182	201	235	710

YEAR	FH				
	2014	2015	2016	2017	2018
<b>FLEET 1</b>	656	712	967	838	846
<b>CUM FH</b>	656	1368	2335	3173	<b>4019</b>

Figura 6 Esempio di calcolo di ore totali e cumulate per una flotta di 4 velivoli

Sulla base di questi calcoli sarà quindi possibile analizzare l’andamento dell’utilizzo di ciascuna flotta nel tempo o calcolare un numero di FH medio per i velivoli in analisi. La media delle ore di volo annuali per velivolo è data dalla seguente media pesata:

$$FH_{A/C\ YEAR\ Avg} = \frac{\sum_{i=1}^{\#A/C} (FH_{A/C\ YEAR\ i} \cdot MESI_i)}{\sum_{i=1}^{\#A/C} MESI_i} \quad (2)$$

in cui:

- $FH_{A/C\ YEAR\ i}$  è il numero di ore di volo relative al velivolo  $i$ -esimo nell'anno;
- $\#A/C$  è il numero di velivoli della Flotta, in servizio nell'anno;
- $MESI_i$  è il numero dei mesi di servizio del velivolo, valutati a partire dalla data effettiva di consegna al Cliente.

Si calcolano infine le ore di volo medie annuali per velivolo, per Flotta e per tutte le Flotte sotto osservazione relativamente all'intervallo di osservazione:

$$FH_{A/C\ YEAR\ AVG\ TOT} = \frac{\sum_{i=1}^n FH_{A/C\ YEAR\ Avg\ i}}{n} \quad (3)$$

dove  $i$  individua l'anno  $i$ -esimo a partire da quello di inizio conteggio ed  $n$  è il numero di anni considerati.

I valori ottenuti sono meglio analizzabili grazie ad una rappresentazione grafica.

#### 5.1.4.2 ANALISI DI AFFIDABILITÀ E ANDAMENTO URR

Si descrivono le modalità di valutazione dei parametri di Affidabilità relativi al periodo temporale in analisi. Molto importante è la verifica dell'applicabilità di ciascun item nelle Flotte considerate sulla base del P/N (sostanzialmente si deve verificare che un certo item sia installato a bordo dei velivoli costituenti una specifica Flotta).

A partire dal database contenente i dati relativi ai ROR osservati negli anni presi in considerazione, si calcolano per i componenti riparabili e non riparabili le seguenti grandezze:

- **UR<sub>TOT</sub>**: numero totale di UR raggruppati in genere per velivolo e/o per flotta.

Si valutano poi i seguenti parametri per singola Flotta o per tutte le Flotte in analisi:

- **URR<sub>periodo riferimento</sub>**: frequenza delle rimozioni non schedate cumulative nel periodo di interesse.

$$URR_{periodo\ riferimento} = \frac{UR_{periodo\ riferimento}}{FH_{periodo\ riferimento}} \quad (4)$$

Tale indice esprime quindi il numero di UR nell'unità di tempo ed è generalmente espresso in 1/1000 FH. Evidentemente ad alti valori di URR corrispondono bassi valori di Affidabilità.

- **MTBUR**: affidabilità effettiva per flotta relativa al periodo considerato.

$$MTBUR = \frac{1}{URR} = \frac{FH}{UR} \quad (5)$$

In generale, il valore calcolato di *MTBUR* deve risultare maggiore del valore di progetto per soddisfare i requisiti imposti.

A seguire si calcolano i medesimi parametri per velivolo e per item:

- **URR<sub>A/C</sub>**: frequenza di UR per velivolo, definita come:

$$URR_{A/C} = \frac{UR_{A/C}}{FH_{A/C}} \cdot 1000 \quad (6)$$

in cui *UR<sub>A/C</sub>* è il numero di UR per velivolo e *FH<sub>A/C</sub>* è il numero di ore di volo relativo al velivolo in questione.

- **MTBUR<sub>A/C</sub>**: affidabilità effettiva del velivolo considerato.

$$MTBUR_{A/C} = \frac{1}{URR_{A/C}} = \frac{FH_{A/C}}{UR_{A/C}}$$

- **URR<sub>ITEM</sub>**: frequenza di UR relativa all'item considerato.

$$URR_{ITEM} = \frac{UR_{ITEM}}{\sum_{i=1}^k (FH_{Applicable\ FLEET\ i} \cdot QPA_i)} \quad (7)$$

dove *UR<sub>ITEM</sub>* è il numero di UR relative ad un certo componente, *FH<sub>Applicable FLEET i</sub>* è il numero di ore di volo relativo alla flotta *i*-esima in cui l'item è presente in quantità *QPA* e *k* è il numero di Flotte applicabili e quindi oggetto di analisi.

- **MTBUR<sub>ITEM</sub>**: affidabilità effettiva di un certo item.

$$MTBUR_{ITEM} = \frac{1}{URR_{ITEM}} = \frac{\sum_{i=1}^k (FH_{Applicable\ FLEET\ i} \cdot QPA_i)}{UR_{ITEM}} \quad (8)$$

#### 5.1.4.2.1 Parametri Statistici di Affidabilità e loro determinazione

Sulla base dei calcoli precedenti è possibile valutare ulteriori parametri di Affidabilità di carattere statistico o utili per l'analisi dell'andamento dell'affidabilità dei sistemi nel tempo:

- **Reliability Deviation**: deviazione del valore di Affidabilità Effettiva rispetto al valore della *Predicted Reliability* di progetto.

$$RD = \frac{MTBUR_{PREDICTED\ ITEM}}{MTBUR_{ITEM}} \quad (9)$$

Il valore del  $MTBUR_{PREDICTED\ ITEM}$  non è generalmente disponibile, ma è possibile stimarlo con la relazione:

$$MTBUR_{PREDICTED\ ITEM} = 0.8 \cdot MTBF_{PREDICTED\ ITEM} \quad (10)$$

in cui i valori dell' $MTBF_{PREDICTED\ ITEM}$  sono ottenuti dal database LSA.

- **Gradiente:** individua la pendenza della curva di regressione lineare della frequenza di rimoziioni annue. È ricavato con la formulazione seguente:

$$Grad = \frac{\sum_{i=1}^n [(year_i - year_{avg}) \cdot (URR_i - URR_{avg})]}{\sum_{i=1}^n (year_i - year_{avg})^2} \quad (11)$$

dove:

- $URR_i$  è la frequenza di UR per 1000 FH calcolate per ciascun anno considerato;
- $URR_{avg}$  è il valore medio della frequenza di UR nel periodo considerato;
- $n$  è il numero totale di anni considerati;
- $year_i$  è l'anno i-esimo considerato;
- $year_{avg}$  è la media relativa ad un periodo di riferimento in anni.

$$year_{avg} = \frac{year_{inizio} + year_{finale}}{2} \quad (12)$$

È quindi evidente che ad un gradiente positivo corrisponde un'affidabilità crescente nel tempo.

- **Deviazione Standard (SD):** entità della dispersione di un set di rimoziioni.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (URR_i - URR_{avg})^2}{n}} \quad (13)$$

- **Coefficiente di Variazione:** parametro ricavato dalla SD e  $URR_{avg}$  definiti in precedenza.

$$varKo = \frac{SD}{URR_{avg}}$$

Tutti i parametri presentati in questa sezione possono essere valutati per Flotta, per velivoli o per item per il periodo considerato.

#### 5.1.4.2.2 Valutazione dei componenti meno affidabili (Top Unreliable Items)

L'analisi d'Affidabilità descritta al punto precedente è propedeutica all'individuazione degli item meno affidabili. In particolare, si opererà sui soli item Riparabili raccogliendo in tabella quelli con URR maggiore e ordinandoli secondo l'MTBUR crescente (o equivalentemente per URR decrescente). In genere si riportano i seguenti dati:

- **Dettagli e descrizione componente**

- Descrizione item;
- *Part Number*;
- *QPA*;

- **Dati di Affidabilità**

- *UR* dell'item;
- *MTBUR<sub>PREDICTED ITEM</sub>*;
- *MTBUR<sub>ITEM</sub>*;
- *Gradiente*;
- *Reliability Deviation*

#### 5.1.4.2.3 Componenti affetti da Obsolescenza e causa di eventi AOCP

Ulteriori informazioni contenute nelle tabelle dei componenti meno affidabili sono quelle relative all'Obsolescenza o al verificarsi di eventi AOCP. Si tratta dunque di dati di carattere espressamente logistico, molto utili per l'individuazione di criticità sulle quali intervenire. I dati di costo del componente o delle riparazioni completano il *set*.

- **Dati Logistici per Flotta**

- Dati sull'Obsolescenza;
- Dati sugli eventi AOCP;
- Dati di costo;
- TAT (in genere espresso in giorni)

#### 5.1.4.2.4 Scelta dei componenti critici per l'Affidabilità (Reliability Critical Items)

A valle della realizzazione delle tabelle con gli item caratterizzati dalla minore Affidabilità avviene la selezione di quelli più critici. In particolare, vengono evidenziati i componenti (generalmente non più di una ventina) Riparabili sulla base dei seguenti parametri:

- Valore di *MTBUR*;
- *Gradiente*;
- Eventi AOCP
- Dati di costo.

La scelta è effettuata sulla base di un'operazione di peso dei parametri considerati, confermata poi da un *Best Engineering Judgement*. Per ciascuno dei componenti critici è opportuno produrre una scheda di approfondimento contenente una descrizione, una rappresentazione schematica dell'item e i

risultati ottenuti dall'analisi di Affidabilità. La lista dei componenti critici si configura come uno degli input più importanti per una successiva e più approfondita attività di indagine (attività FRACAS).

Nel caso di studio proposto i dati Logistici e di costo non sono stati considerati, limitandosi dunque ad un'individuazione delle criticità sulla base dei soli parametri di Affidabilità. È però opportuno rimarcare ancora una volta la loro importanza in ambito aziendale configurandosi, in molti casi, come gli elementi che guidano nella scelta delle azioni da implementare.

#### 5.1.4.3 RISULTATI FINALI ISDA, *FEEDBACKS* E AZIONI RACCOMANDATE

I risultati del processo ISDA per componenti Riparabili e Non Riparabili sono espressi in forma tabellare e contengono i seguenti dati:

- **Dettagli componenti**
  - Descrizione componente;
  - Part Number;
  - QPA;
  
- **Dati di Affidabilità**
  - Numero di UR per componente;
  - $URR_{ITEM}$  con analisi degli andamenti;
  - $MTBUR_{PREDICTED\ ITEM}$  e  $MTBUR_{ITEM}$ ;
  - Gradiente
  
- **Dati Logistici**
  - Informazioni sull'Obsolescenza;
  - Dati su eventi AOCP;
  - Dati di costo;
  - TAT;
  - *Spare Parts* (ricambi presenti in magazzino)

I risultati prodotti dovranno quindi essere sottoposti ad una fase di Validazione da parte dei responsabili degli Enti preposti. È inoltre molto importante a livello aziendale garantire la Tracciabilità dei dati e delle elaborazioni effettuate. Ciò è ottenuto mediante la definizione di una codifica identificativa aziendale.

Gli output dell'analisi ISDA costituiscono una guida al processo di sviluppo e ottimizzazione del supporto logistico di un prodotto. In particolare, essi permettono di intervenire su:

- **Numero di *Spare Parts***: se si sono evidenziate delle problematiche a livello logistico sarà possibile rivedere l'approvvigionamento delle parti di ricambio in magazzino.
  
- **Rivalutazione degli intervalli di manutenzione schedata**: sulla base dell'analisi di Affidabilità svolta, è possibile introdurre delle variazioni agli intervalli di manutenzione

schedulata. (Per approfondimento sullo svolgimento della *Scheduled Maintenance Analysis* si faccia riferimento all'*Appendice 8.4*).

- **Investigazioni sui dati di costo:** è possibile effettuare dei calcoli dei costi supplementari legati alla scarsa affidabilità di alcuni componenti.
- **Modifiche al contenuto di pubblicazioni tecniche o procedure manutentive:** sulla base di quanto osservato durante l'analisi ISDA è possibile introdurre delle modifiche a pubblicazioni tecniche o a procedure manutentive potenzialmente causa di avaria.
- **Investigazioni su GSE:** i risultati dell'analisi ISDA possono giustificare indagini più approfondite sull'equipaggiamento di supporto a terra come possibile causa delle difettosità osservate.
- **Attività di Training:** le criticità evidenziate possono giustificare la necessità di un'attività di Training allo scopo di migliorare la gestione degli equipaggiamenti sia in fase di utilizzo che durante gli interventi di manutenzione.

Per ognuno dei *Top Critical Item* individuati, possibile input per una successiva analisi FRACAS, viene effettuata un'investigazione sulle cause di origine delle difettosità osservate, allo scopo di permettere l'individuazione di azioni correttive che migliorino l'Affidabilità dei componenti. In particolare, si identificano gli item oggetto di FRB, veicolando le raccomandazioni e le disposizioni emesse in tale sede verso gli opportuni Enti (Fornitori e/o Clienti) con l'obiettivo di implementarle e monitorarne gli effetti.

## **5.2 FAILURE REPORTING, ANALYSIS & CORRECTIVE ACTION SYSTEM (FRACAS)**

### **5.2.1 Scopo e descrizione generale del processo**

La specifica di riferimento per quanto riguarda il FRACAS è la **MIL-STD-2155**. Tale processo si configura come un loop chiuso mirato all'individuazione delle cause dei *failure* verificatisi e alla successiva individuazione e implementazione di azioni correttive in grado di ridurre o, nel migliore dei casi, azzerare la frequenza con cui si manifestano.

L'analisi FRACAS è generalmente applicata limitatamente ad un gruppo ristretto di item classificati come i meno affidabili (*Critical Items*). Per l'individuazione di questi componenti è essenziale servirsi dei dati ottenuti in servizio. In quest'ottica sono evidenti i profondi legami esistenti tra ISDA e FRACAS: con l'analisi dei dati in servizio si hanno a disposizione le informazioni per effettuare una cernita dell'intera popolazione di item che hanno subito dei *failure* in un certo periodo di monitoraggio, mentre con la messa in atto di azioni correttive si cerca di eliminare le criticità individuate.

Perché l'obiettivo dell'analisi FRACAS sia raggiunto è innanzi tutto essenziale che un *failure* sia correttamente individuato. Si parla più propriamente di *Failure Reporting*. Durante questa fase è essenziale la raccolta di dati relativi al guasto che si è verificato.

Una volta che i dati sono disponibili si procederà ad un'operazione di indagine circa le cause che lo hanno provocato. Questa fase è detta *Failure Analysis* e per facilitare il suo svolgimento è di vitale importanza l'aver a disposizione un Database storico contenente informazioni relative a tutti i *failure* osservati. Si verifica infatti che uno scostamento dalla normale operatività di un item o un sistema montato a bordo di un certo velivolo può trovare spiegazione grazie ai dati raccolti su velivoli simili. Come tale, l'esperienza pregressa si rivela di enorme importanza nel portare a termine questa attività.

Si giunge quindi alla fase di studio ed implementazione delle azioni correttive. Esse devono mirare ad impedire che un dato *failure* si manifesti nuovamente o quantomeno a ridurre la frequenza con cui si verifica. La messa in atto di tali azioni correttive deve quindi servire a produrre un miglioramento in termini di affidabilità del componente.

Non è però sufficiente limitarsi alla sola fase di implementazione. È infatti imperativo verificare che le azioni correttive prescelte producano effettivamente i risultati attesi. È questo il momento di chiusura del loop in quanto per dimostrarne l'efficacia si procederà ad un attento monitoraggio delle prestazioni in servizio.

Uno dei momenti più importanti del processo FRACAS è costituito dal cosiddetto *Failure Review Board*, ovvero un incontro cui tutte le parti interessate (Produttori, Fornitori, Clienti e Personale di altri Enti coinvolti nel processo) sono chiamate a partecipare. In tale incontro, da svolgere con cadenza periodica, sono discussi l'andamento dell'affidabilità degli item più critici nel tempo e si stabiliscono quindi le azioni correttive da implementare.

### 5.2.2 Tipologie di processo FRACAS e pianificazione

L'analisi FRACAS così come è stata descritta al paragrafo precedente ha un vastissimo campo di applicazione. Come tale è possibile individuare varie tipologie di processo:

- FRACAS di produzione:  
analisi svolta relativamente ai processi produttivi con l'obiettivo di individuare le cause della bassa affidabilità riscontrata dal prodotto in servizio. Tale applicazione del FRACAS si configura quindi come un affinamento della fase di produzione.
- FRACAS dati in servizio:  
analisi relativa alla fase operativa della vita del prodotto. Corrisponde al processo descritto al paragrafo precedente che mira a migliorare l'affidabilità implementando azioni correttive nei confronti dei *failure* verificatisi in servizio.

Qualunque sia l'oggetto dell'analisi è comunque fondamentale che la sua applicazione sia preceduta da un'attenta pianificazione. Il **FRACAS Planning** consiste nella messa a punto di tutte le procedure da utilizzare per le fasi di *Failure Reporting*, *Failure Analysis* ed implementazione delle azioni correttive. Molto importante è anche la programmazione del processo di feedback a tutte le parti interessate relativo alle modifiche introdotte a livello di progetto, di produzione o relative alle metodologie di test.

Nel *FRACAS Plan* andranno anche inseriti le modalità di Inserimento/Estrazione di dati dal Database FRACAS. Se infatti è essenziale che tale banca dati sia accessibile da tutti gli addetti ai lavori, la sua modifica deve essere autorizzata e limitata ai soli membri qualificati del personale.

### 5.2.3 Schema del Processo (FRACAS su dati dal servizio)

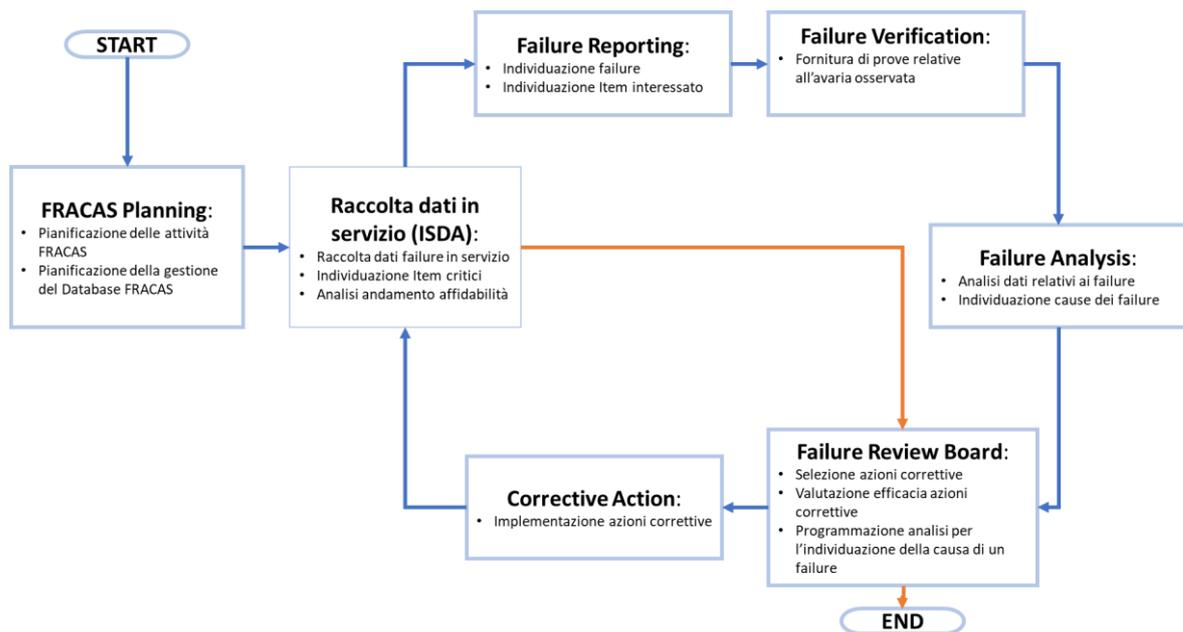


Figura 7 Flow chart analisi FRACAS

## 5.2.4 Modalità Operative

Si descrivono più in dettaglio le modalità di esecuzione dell'analisi FRACAS.

### 5.2.4.1 RACCOLTA E CLASSIFICAZIONE DELLE INFORMAZIONI

Il primo e fondamentale passo consiste nell'ottenimento dei dati relativi alla fase operativa della vita del prodotto. La fonte primaria di tali informazioni è rappresentata dall'ISDA, presupponendo dunque un intenso lavoro di raccolta e analisi di dati durante il servizio dei velivoli. Alcuni degli input essenziali per un'applicazione efficace del FRACAS sono certamente le informazioni relative ai *failure* o ai *fault* verificatisi, allo scopo di facilitarne l'analisi e la determinazione delle cause scatenanti. In particolare, deve essere documentato quale item o sistema ha mostrato un comportamento anomalo, quando si è verificato il malfunzionamento e le modalità con cui è stato scoperto.

### 5.2.4.2 BANCA DATI FRACAS

Fondamentale per lo svolgimento di un'analisi FRACAS è la costruzione di un database contenente i dati storici su tutti i *failure* osservati ed analizzati su differenti modelli di velivolo. In particolare, questa raccolta conterrà dati sia sulle difettosità osservate che sulle azioni correttive intraprese per porvi rimedio. Ciò si rivela molto utile nell'implementazione del processo relativamente ad un certo malfunzionamento verificatosi su un determinato tipo di velivolo. L'analisi dei dati storici può infatti permettere l'individuazione di similarità tra *failure* che hanno interessato velivoli simili, guidando all'individuazione delle cause scatenanti e permettendo quindi di giungere più facilmente alla scelta dell'azione da intraprendere. È pertanto imperativo che il database sia costantemente aggiornato ogni qual volta si completa un'iterazione del processo.

### 5.2.4.3 ATTIVITÀ DI FAILURE REPORTING

I *failure* che si verificano devono essere opportunamente individuati. In particolare, si opera producendo un report contenente informazioni che permettano l'identificazione dell'item interessato, la difettosità manifestatasi, le modalità di test utilizzate per individuare lo scostamento dalla normale operatività (BIT o strumenti di test esterni), il periodo di tempo in cui l'item è stato operativo e l'istante in cui si è verificato il *failure*. Proprio questi ultimi dati sono necessari per separare i malfunzionamenti occasionali da quelli legati a problemi progettuali o di qualità del prodotto. Grande importanza rivestono poi le condizioni operative e ambientali. È opportuno che sia definito uno standard per la stesura di questi report, in modo da agevolare l'inserimento nel database delle informazioni raccolte. La standardizzazione del formato utilizzato per la raccolta dei dati è importante per la semplificazione del successivo processo di analisi. Può essere utile la definizione di formati specifici per le problematiche riscontrate in fase di produzione e per quelle relative ai malfunzionamenti in servizio.

### 5.2.4.4 ATTIVITÀ DI FAILURE VERIFICATION

L'attività di verifica di un *failure* serve a dimostrare che la deviazione osservata rispetto alle normali modalità operative sia effettivamente classificabile come malfunzionamento. La verifica si ottiene

riproducendo il comportamento riportato per l'item considerato, o fornendo delle prove valide come ad esempio indicazioni da sistemi BIT o la presenza di un danneggiamento evidente. Per favorire la fase di verifica è quindi essenziale che la difettosità osservata sia descritta dettagliatamente in modo da individuare chiaramente i sintomi manifestatisi.

#### 5.2.4.5 ATTIVITÀ DI FAILURE ANALYSIS

La *Failure Analysis* coincide con la determinazione della causa del *failure*. Quest'ultima può essere primaria o secondaria: nel primo caso il malfunzionamento è imputabile al componente stesso, mentre nel secondo sarà legato ad elementi ad esso esterni. Il primo passo da compiere per investigare circa le cause di un *failure* è un'attenta revisione dei dati disponibili da parte del personale competente. È inoltre necessario un attento processo di pianificazione per individuare le attività di analisi da svolgere evitando che un *item* giunga ad una sostituzione prematura. Ogni *failure* dovrà essere verificato, e quindi analizzato per individuare le cause scatenanti insieme ad eventuali fattori che lo influenzano. Il processo di analisi può spaziare da una semplice investigazione sulle condizioni che hanno portato alla difettosità riscontrata ad approfonditi test di laboratorio sulle parti interessate. In ogni caso, il livello di approfondimento dell'indagine deve essere tale da permettere l'individuazione di opportune azioni correttive. In particolare, il principale risultato dell'analisi deve essere un feedback tale da consentire al Personale preposto di selezionare le giuste correzioni. Tali azioni dovranno comunque essere discusse dai rappresentanti di tutte le parti interessate nei FRB.

#### 5.2.4.6 ATTIVITÀ DI FAILURE REVIEW BOARD

La FRB è una riunione convocata con lo scopo di analizzare le informazioni disponibili sulle cause dei *failure* verificatisi in modo da selezionare le dovute azioni correttive. Si andrà inoltre a monitorare l'affidabilità dei sistemi a seguito di interventi precedenti per verificare che essi abbiano effettivamente prodotto gli effetti sperati. In particolare, si discutono le cause di problemi di progettazione, problemi di scarsa Affidabilità, errori in fase di produzione, riparazione o manutenzione, non conformità a specifiche o standard. Il personale selezionato a partecipare all'incontro, proveniente da tutte le parti interessate (Produttori, Cliente, altri Enti), deve essere riportato nella definizione della procedura FRACAS unitamente al settore di specializzazione e al livello di autorità di ognuno. L'incontro avviene periodicamente in modo da avere a disposizione report sempre nuovi provenienti dal campo o relativi ad ispezioni o test da utilizzare per effettuare decisioni più consapevoli circa la risoluzione delle difettosità osservate. La FRB dispone dell'autorità per stabilire lo svolgimento di nuove o più approfondite indagini e per assicurare che le azioni correttive prescelte siano implementate. Ogni incontro si chiude con la produzione di un verbale contenente tutti gli argomenti di discussione e le azioni correttive da intraprendere.

#### 5.2.4.7 AZIONI CORRETTIVE RACCOMANDATE, MONITORAGGIO E CHIUSURA

Questo passo rappresenta la chiusura del loop chiuso con cui è stato rappresentato il processo FRACAS. Vengono infatti implementate le azioni correttive selezionate in sede di FRB da parte degli elementi interessati (Enti aziendali e Fornitori) e si monitorano gli effetti generatisi sull'Affidabilità del prodotto allo scopo di verificarne l'efficacia. Si procederà alla chiusura di un caso se la frequenza con cui si verifica un dato *failure* si è annullata o, quantomeno, ridotta.

## 5.3 **DISPOSIZIONE OPERATIVA FRACAS**

### 5.3.1 **Scopi generali**

Scopo della disposizione operativa FRACAS è quello di esplicitare le modalità di svolgimento delle varie attività che portano al completamento dell'analisi. È essenziale chiarire le strutture aziendali interne o esterne (Clienti) che intervengono nelle varie fasi del processo.

### 5.3.2 **Struttura della disposizione e contenuti**

La DO conterrà le seguenti sezioni:

- **Scopo della disposizione:** si chiarisce l'obiettivo della DO, specificando la casistica per cui è applicabile.
- **Specifiche, norme e *handbooks* applicabili:** si elencano le specifiche di riferimento per la definizione del processo. In tale sezione è opportuno far riferimento alle normative interne aziendali applicabili per l'analisi in oggetto.
- **Acronimi e definizioni:** si riportano gli acronimi maggiormente usati e si chiarisce il significato di alcuni termini chiave.
- **Principi generali del processo FRACAS:** si descrivono in breve gli obiettivi dell'analisi FRACAS e si chiariscono i passi fondamentali da svolgere per la sua applicazione.
- **Modalità operative:** si dettagliano le varie fasi che portano al completamento dell'analisi.
  - Attività di *Failure Reporting*;
  - Raccolta ed elaborazione dati in servizio sui malfunzionamenti osservati;
  - Attività di *Failure Verification*;
  - Attività di *Failure Analysis*;
  - Attività di *Failure Review Board* e selezione azioni correttive;
- **Strutture Aziendali coinvolte:** si chiariscono gli Enti coinvolti in ogni fase del processo.
- **Modulistica Aziendale:** si stabiliscono dei formati standard relativi alle attività di report o altri moduli utili alla trasmissione di informazioni tra Enti differenti (es. comunicazione Fornitore-Cliente o feedback delle azioni correttive da implementare alle strutture di pertinenza).

Nell'esempio di DO riportata in *Appendice 8.3* si sono sviluppati i punti presentati in questa sezione.

#### **5.4 RICADUTE E BENEFICI DERIVATI DAI PROCESSI ISDA E FRACAS**

L'applicazione dei processi ISDA e FRACAS in ambito aeronautico è asservita al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Monitorare le prestazioni del sistema velivolo e dei suoi componenti in termini di parametri d'Affidabilità quali l'MTBUR, URR e il Gradiente;
- Analizzare i dati logistici e di costo allo scopo di identificare soluzioni concordate tra Produttori/Fornitori e Clienti alle problematiche insorte durante il servizio;
- Introdurre azioni correttive in risposta alle criticità evidenziate dall'analisi dei dati raccolti in servizio e monitorarne gli effetti durante la fase operativa;
- Ottimizzare in generale le prestazioni del supporto post-vendita.

In particolare, i principali benefici derivanti da un'efficace sinergia tra i due processi sono:

- Miglioramento dell'Affidabilità dei velivoli e dei componenti installati;
- Incremento della Disponibilità delle Flotte di velivoli;
- Ottimizzazione della logistica, assicurando la disponibilità delle parti di ricambio necessarie;
- Riduzione dei tempi e dei costi per il Produttore ed i Clienti, nell'ottica del raggiungimento di una maggiore prontezza operativa e soddisfazione del Cliente;
- Introduzione di revisioni di pubblicazioni tecniche o ai manuali di manutenzione.

## 6 CONCLUSIONI

Lo sviluppo dell'elaborato ha mirato alla comprensione dei principali processi alla base dello sviluppo e dell'ottimizzazione di un prodotto aeronautico dal punto di vista dell'Affidabilità del sistema velivolo e dei suoi componenti. A tale scopo ci si è basati sulle principali specifiche di riferimento internazionali per maturare le conoscenze necessarie alla comprensione dei meccanismi alla base della programmazione del Supporto Logistico.

In particolare, si sono approfonditi i processi ISDA e FRACAS, rivelatisi fondamentali nel monitorare le prestazioni di flotte di velivoli durante la fase operativa, nell'individuare eventuali problematiche concernenti l'Affidabilità, la Logistica o il LCC e quindi proporre ed implementare valide azioni correttive. Di entrambi i processi sono state analizzate le modalità operative, delineando un collegamento evidente tra i due:

- L'ISDA permette di raccogliere e analizzare i dati durante il servizio delle Flotte, permettendo di evidenziare condizioni di criticità sulla base dell'analisi dell'andamento di determinati parametri di interesse. Tali problematiche sono quelle che più necessitano di un intervento risolutivo.
- Il FRACAS prende in input i dati relativi alle avarie o alle mancanze di carattere logistico evidenziate con l'analisi dei dati in servizio e porta alla definizione di azioni correttive attraverso un processo di indagine circa le cause della difettosità osservata. L'efficacia delle azioni implementate sarà poi verificata proprio tramite il monitoraggio delle prestazioni in servizio.

Il lavoro svolto presso *Teoresi S.p.A.* sul caso di studio proposto dall'azienda Cliente, *Leonardo - Divisione Velivoli*, ha poi permesso di approfondire e sviluppare ulteriormente le tematiche trattate, offrendo la possibilità di applicarle direttamente sul campo.

In particolare, l'analisi ISDA ha trovato attuazione relativamente ai dati dal servizio relativi al verificarsi di rimozioni di componenti su un certo numero di Flotte e per uno specifico periodo di monitoraggio di uno dei velivoli di interesse per l'azienda. Dall'analisi operativa dei velivoli considerati e dall'analisi di Affidabilità è stato possibile selezionare gli item critici che necessitano di indagini approfondite per la messa in atto di interventi migliorativi.

Questi componenti si configurano quindi come i candidati ad essere sottoposti al processo FRACAS, analizzato da un punto di vista procedurale. A tal fine si è prodotto un esempio di Disposizione Operativa che guidi l'applicazione dell'analisi relativamente ai dati raccolti durante la fase di servizio. Lo sviluppo di questo documento ha permesso di comprendere l'importanza di definire e standardizzare le procedure operative a livello aziendale, nell'ottica di favorire l'ottimizzazione degli sforzi e delle risorse considerando anche la necessità di interfacciare Enti differenti.

Il lavoro di tesi ha quindi permesso di sviluppare conoscenze e competenze nel ramo dell'analisi di dati dal campo e della risoluzione delle problematiche insorte durante la fase operativa di un prodotto aeronautico. In tal senso, i processi ISDA e FRACAS si sono confermati strumenti fondamentali nel guidare l'ottimizzazione dei prodotti e del Supporto Logistico ad essi associato. Se si guarda all'industria aeronautica odierna assumono inoltre un'importanza ancora maggiore: la potenza di calcolo disponibile e le capacità di comunicazione sempre crescenti per volume di dati che si è in

grado di gestire offrono mezzi nuovi per la trasmissione e l'elaborazione di dati in tempo reale, promettendo di accelerare e semplificare i processi decisionali che portano all'introduzione di modifiche al prodotto e/o agli elementi di Supporto.

## 7 PROPOSTE E SVILUPPI FUTURI

L'applicazione dell'analisi ISDA ha permesso di toccare con mano la sua efficacia nell'elaborare i dati raccolti dal campo allo scopo di monitorare le prestazioni di Flotte di velivoli. Proprio l'aver messo in pratica il processo ha permesso di individuare alcune soluzioni che vanno nella direzione di snellire il lavoro di elaborazione dei dati, permettendo un più rapido completamento della fase di analisi.

In particolare, si affiderebbero ad un apposito software le fasi di consolidamento e di analisi operativa e di Affidabilità permettendo una selezione automatizzata dei *Top Unreliable Items*. L'intervento umano è quindi mantenuto nelle fasi di apertura e chiusura del processo:

- **Fase preliminare di “pulizia” dei dati in ingresso nel database:** tale fase è necessaria allo scopo di uniformare il più possibile le informazioni in ingresso alla banca dati. Sarebbe eliminabile se tutti gli Enti coinvolti adottassero lo stesso formato per la trasmissione dei dati.
- **Selezione dei *Critical Items*:** la scelta dei componenti critici rimane affidata ad un *Best Engineering Judgment*.

L'automatizzazione della fase di elaborazione dei dati si traduce inevitabilmente in una riduzione dei tempi di analisi, permettendo una più rapida individuazione delle criticità che più necessitano un intervento rapido ed efficace.

Un reale stravolgimento nel campo dell'analisi dei dati dal servizio allo scopo di migliorare l'Affidabilità dei sistemi/componenti e ridurre i *Downtime* si avrà con la transizione dall'utilizzare la manutenzione reattiva e/o preventiva a quella **predittiva** da parte dell'industria aeronautica. Si tratta di un tema sempre più attuale nel mondo di oggi: si passerebbe dall'analizzare ciò che è accaduto al fine di comprenderne le cause e poter così intervenire, allo sfruttare le informazioni raccolte per prevedere l'evolversi di potenziali problematiche e adattare di conseguenza le strategie di supporto e manutentive.

I benefici di questo cambio di paradigma, dalla reazione alla prevenzione, sono facilmente intuibili:

- Riduzione dei costi di manutenzione;
- Riduzione dei periodi di indisponibilità dei velivoli;
- Allungamento della vita utile dei sistemi/componenti.

Due sono le parole chiave che guidano questo mutamento: ***Big Data*** e ***Machine Learning***. Sarà infatti necessario raccogliere un'immensa mole di dati con appositi sensori, da analizzare allo scopo di modellare il comportamento del sistema velivolo e prevedere quando si giungerà ad un'avaria da disinnescare con un intervento manutentivo.

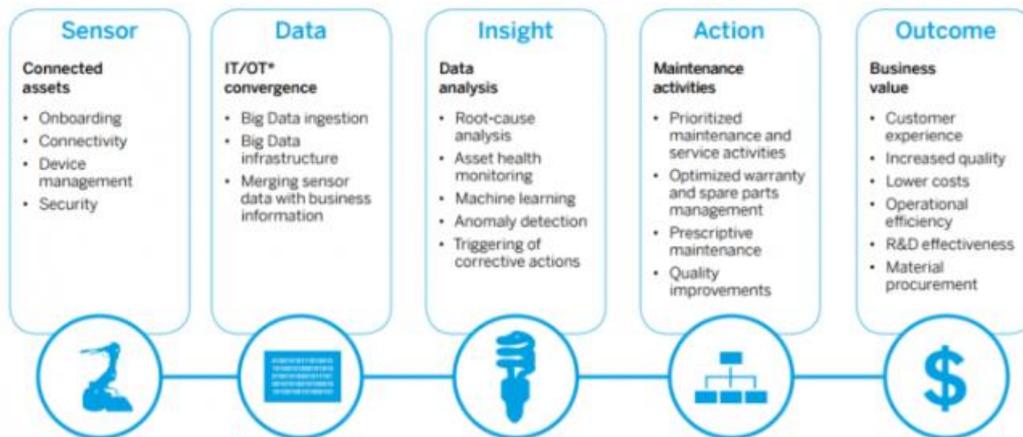


Figura 8 Processo di manutenzione predittiva

Oltre ad un lavoro di modellazione e simulazione il *Machine Learning* può operare con analisi del tipo:

- **Analisi di Trend:** individuazione di specifici andamenti relativamente a parametri ritenuti importanti per valutare se un componente è prossimo ad un guasto;
- **Associazione di dati:** ricerca di correlazioni causali tra i valori assunti da alcuni parametri ed il verificarsi di un'avaria;
- **Analisi di anomalie:** studio di valori insoliti registrati, allo scopo di determinare se si tratta di semplici anomalie o del segno di un cambiamento nel comportamento di un sistema/componente.

Accanto a tutto ciò non può e non deve mancare la competenza specifica del settore nel quale si opera. È infatti evidente che il passaggio alla manutenzione predittiva può essere esteso a moltissimi altri campi dell'ingegneria industriale, ma senza una definizione chiara degli obiettivi dell'analisi non sarebbe possibile costruire un modello adeguato, né sarebbe possibile testarlo e valutarlo dal punto di vista dell'attendibilità.

Appare dunque evidente che il grande sviluppo tecnologico che ha caratterizzato in maniera esplosiva i primi anni '2000, sia ormai pronto ad investire anche l'industria aeronautica. Tutti i maggiori produttori a livello mondiale con Boeing e Airbus in testa offrono già ora dei programmi di supporto al Cliente per la raccolta e analisi dei dati allo scopo di ottimizzare i processi di *Health Monitoring* dei sistemi e la programmazione degli interventi manutentivi (*AnalytX* per Boeing e *Skywise* per Airbus). Questo non è che il primo passo verso un cambiamento radicale nell'approcciarsi all'analisi dei dati dal servizio con il fine ultimo di giungere a modelli di business più convenienti (e più sostenibili) con la riduzione dei costi di manutenzione e dei tempi di inservibilità dei velivoli.

## 8 APPENDICE

### 8.1 DEFINIZIONI

**Actual Reliability:** affidabilità effettiva di un sistema/componente calcolata utilizzando i dati provenienti dalle Flotte in servizio. È la probabilità che un sistema/componente non si guasti in un certo intervallo di tempo.

**Aircraft Out of Commission for Parts (AOCP):** il velivolo non è disponibile per lo svolgimento della missione poiché le operazioni di manutenzione sono ferme a causa dell'indisponibilità delle parti necessarie.

**Availability:** attitudine del velivolo, o di uno specifico sistema/sottosistema, ad essere in grado di svolgere le funzioni previste quando richiesto.

**Azioni Correttive:** interventi concordati in sede di *Failure Review Board* per rispondere a problematiche o difettosità individuate nei velivoli. Esse mirano a migliorare l'Affidabilità per i componenti che mostrano bassi valori in servizio;

**Difetto:** perdita di funzionalità da parte di un prodotto (velivolo, sistema, equipaggiamento). È possibile distinguere in:

- Primario: causa interna al componente stesso.
- Secondario: causa da ricercare in fattori esterni.

**Failure:** evento in cui un item non è in grado di svolgere pienamente la sua funzione sotto specifiche condizioni.

**Fault:** stato di un componente caratterizzato dall'inabilità di svolgere la sua funzione come da specifica. Un *fault* può essere il risultato di un *failure*.

**Investigation Report (IR):** documento sviluppato dal fornitore contenente i risultati delle indagini svolte relativamente ad una certa difettosità osservata. In particolare, sono individuate le cause del difetto e sono indicate alcune delle possibili azioni correttive.

**Lead Time (LT):** tempo che intercorre tra l'ordine di un componente al fornitore e la sua ricezione in magazzino.

**Maintainability:** manutenibilità di un sistema, ovvero l'attitudine dello stesso ad essere riportato ad uno stato in cui è in grado di svolgere le sue funzioni.

**Non Conformità:** non rispetto di un requisito.

**Obsolescenza:** sono affetti da obsolescenza quei componenti che, durante la vita operativa di un prodotto, non sono più acquistabili o riparabili da parte di un fornitore per varie cause.

**Reliability:** affidabilità di un sistema, intesa come la probabilità che esso non si guasti in un certo intervallo di tempo.

**Safety:** sicurezza di un prodotto, ovvero la probabilità che esso svolga le proprie funzioni senza arrecare danno a cose o a persone.

**Turn Around Time (TAT):** intervallo di tempo che intercorre tra la rimozione dal velivolo di un componente difettoso e il suo ritorno in magazzino in seguito alle riparazioni.

**Unscheduled Removals (UR):** rimozioni non previste di componenti installati a bordo del velivolo a seguito di malfunzionamenti.

**Unscheduled Removals Rate (URR):** numero di rimozioni non schedate nell'unità di tempo (in genere 1000 ore di volo). Rappresenta dunque la frequenza di guasto.

**Work Report (WR):** documento del fornitore che riporta le operazioni svolte su un componente guasto per la riparazione o attività di altro genere.

## 8.2 ALLEGATO 1 - ESEMPIO PRATICO DI ELABORAZIONE ISDA

Il caso di studio proposto dall'azienda Cliente, *Leonardo - Divisione Velivoli* prevede l'applicazione dell'analisi ISDA relativamente ai dati di servizio e alle difettosità osservate durante il quinquennio 2014-2018. Il velivolo di riferimento è un bimotore turboelica da trasporto e si è considerato un totale di 9 velivoli suddivisi in tre flotte. L'analisi è elaborata seguendo le modalità descritte nel *Capitolo 5*.

### 8.2.1 Consolidamento dati

I dati di input corrispondono ai dati dal campo relativamente al numero di ore di volo annuali per ogni velivolo ed i ROR ricevuti nel periodo di tempo considerato. Si sono osservati 213 ROR totali, costituenti il database di riferimento, ottenendo la seguente casistica:

- 209 ROR relativi ad item Riparabili e Non Riparabili;
- 2 ROR relativi a componenti rientranti nella categoria dei Consumabili;
- 2 ROR relativi a componenti rientranti nei *Ground Support Equipment*.

La fase di consolidamento preliminare ha portato ad eliminare alcuni elementi dalla successiva elaborazione. Considerando che l'obiettivo del processo è l'analisi dell'Affidabilità dei componenti del velivolo in modo da evidenziare delle criticità, non saranno considerati tutti quei dati non riguardanti strettamente i componenti installati a bordo o comunque non statisticamente rilevanti. Partendo da questa considerazione sono stati scartati i seguenti dati:

- 2 ROR relativi ad item Consumabili;
- 2 ROR relativi a GSE;
- 8 ROR relativi ad item giunti al fine vita stabilito (rimozioni schedate);
- 1 ROR relativo ad item soggetto ad usura (componente del Landing Gear).

L'analisi è quindi stata applicata sui rimanenti 200 ROR tra componenti Riparabili e Non Riparabili.

### 8.2.2 Analisi Operativa

Si sono analizzati i dati di servizio dei 9 velivoli considerati suddivisi in tre flotte. I dati di input per l'analisi sono:

Tabella 2 Dati di servizio delle Flotte considerate

	A/C	FH					Total A/C FH
		2014	2015	2016	2017	2018	
<b>FLEET 1</b>	AC1-1	265	202	310	202	196	1175
	AC1-2	301	220	184	292	210	1207
	AC1-3	90	198	291	143	205	927
	AC1-4	0	92	182	201	235	710
<b>FLEET 2</b>	AC2-1	210	242	135	195	165	947
	AC2-2	141	162	182	244	203	932
	AC2-3	88	175	275	301	223	1062
<b>FLEET 3</b>	AC3-1	44	195	304	269	197	1009
	AC3-2	0	0	165	288	334	787

Tabella 3 Mesi di attività annuali per velivolo

	A/C	Flight activity in months				
		2014	2015	2016	2017	2018
<b>FLEET 1</b>	AC1-1	12	12	12	12	12
	AC1-2	12	12	12	12	12
	AC1-3	4	12	12	12	12
	AC1-4	0	6	12	12	12
<b>FLEET 2</b>	AC2-1	12	12	12	12	12
	AC2-2	8	12	12	12	12
	AC2-3	4	12	12	12	12
<b>FLEET 3</b>	AC3-1	2	12	12	12	12
	AC3-2	0	0	6	12	12

Si osserva come i velivoli AC1-4 della Flotta1 e AC3-2 della Flotta 2 sono caratterizzati da un periodo iniziale di inattività, dovuto ad un'entrata in servizio differita rispetto al resto dei velivoli.

Si sono quindi elaborati gli input, calcolando le FH cumulative per Flotta e le  $FH_{Avg}$  per anno e per Flotta.

Tabella 4 Ore di volo cumulative per Flotta/e

	FH				
YEAR	2014	2015	2016	2017	2018
FLEET 1	656	712	967	838	846
CUM FH	656	1368	2335	3173	<b>4019</b>
FLEET 2	439	579	592	740	591
CUM FH	439	1018	1610	2350	<b>2941</b>
FLEET 3	44	195	469	557	531
CUM FH	44	239	708	1265	<b>1796</b>
FLEETS 123	1139	1486	2028	2135	1968
CUM FH	1139	2625	4653	6788	<b>8756</b>

Tabella 5 Ore di volo medie percorse negli anni

		FH					
	YEAR	2014	2015	2016	2017	2018	Avg Value
FLEET 1	$FH_{A/C}$ YEAR AVG	255	190	242	210	212	222
FLEET 2	$FH_{A/C}$ YEAR AVG	167	193	197	247	197	200
FLEET 3	$FH_{A/C}$ YEAR AVG	44	195	258	279	266	208
FLEETS 123	$FH_{A/C}$ YEAR AVG	208	192	229	237	219	217
	$FH_{A/C}$ YEAR AVG TOTAL	<b>217</b>					
		217	217	217	217	217	

Si sono infine prodotti dei diagrammi riassuntivi che illustrano più chiaramente l'operatività dei velivoli e delle Flotte considerate durante il periodo di interesse.

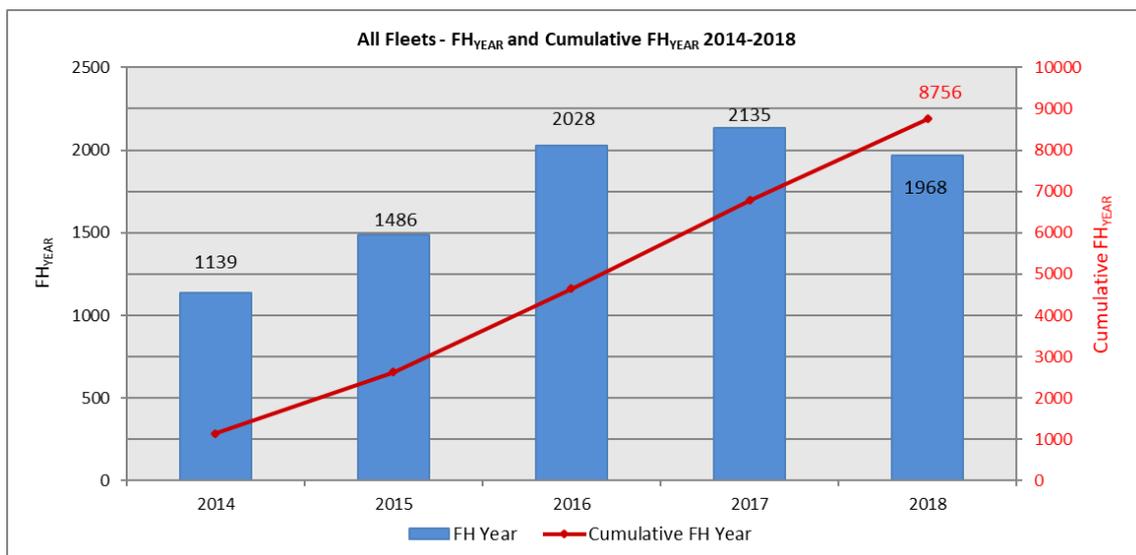


Figura 9 Ore di volo annuali per tutte le Flotte e FH cumulative

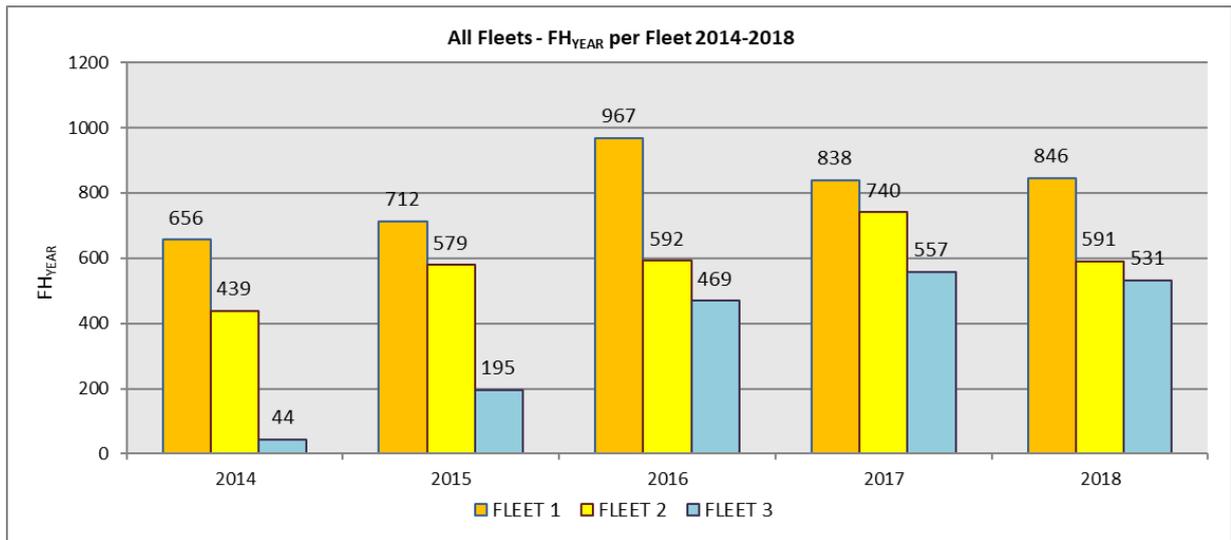


Figura 10 Ore di volo annuali per Flotta

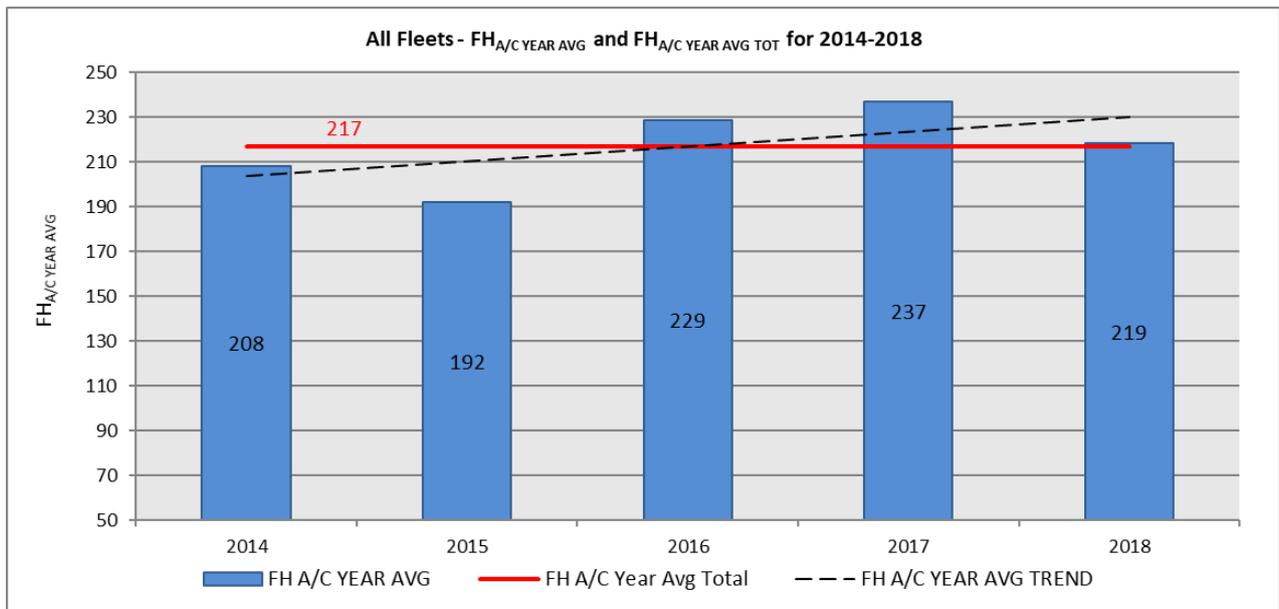


Figura 11 Valori di FH medie per anno per tutte le Flotte

Si osserva chiaramente un aumento globale delle ore di volo totali con un valore medio annuale stimato intorno alle 217 FH per velivolo nell'intervallo di tempo in analisi.

### 8.2.3 Analisi di Affidabilità

I ROR totali osservati, suddivisi nelle categorie di item *Consumabili (C)*, *Non Riparabili (NR)*, *Riparabili (R)* e *Ground Support Equipment (GSE)*, sono:

Tabella 6 ROR complessivi osservati suddivisi per categoria di item

Conteggio di P/N	Etichette di colonna				Totale complessivo
	C	NR	P GSE	R	
Etichette di riga					
V/UHF RADIO				10	10
ACTUATOR				1	1
BUS POWER CTRL UNIT				24	24
CONTROL PANEL				8	8
EMERGENCY OXYGEN BOTTLE				1	1
FILTER ELEMENT, SCAVENGE		9			9
FLIGHT STATION (FSDU)				45	45
HYDRAULIC VALVE				12	12
KIT BOROSCOPE			1		1
MLG TYRE		1			1
O-RING SEAL	1				1
OVERHEAD UNIT				37	37
PORTABLE MAINTENANCE AID			1		1
PROXIMITY SENSOR				13	13
SCREW	1				1
START FUEL NOZZLE, APU		25			25
PRESSURE SWITCH		22			22
WHEEL				1	1
<b>Totale complessivo</b>	<b>2</b>	<b>57</b>	<b>2</b>	<b>152</b>	<b>213</b>

A seguito del consolidamento dei dati saranno scartati 13 ROR tra Consumabili, componenti soggetti ad usura pronunciata (MLG TYRE) e componenti che hanno raggiunto il fine vita.

Tabella 7 ROR complessivi non considerando gli item sostituiti per raggiungimento del fine vita

Conteggio di P/N	Etichette di colonna				Totale complessivo
	C	NR	P GSE	R	
V/UHF RADIO				10	10
ACTUATOR				1	1
BUS POWER CTRL UNIT				24	24
CONTROL PANEL				8	8
FILTER ELEMENT, SCAVENGE		9			9
FLIGHT STATION (FSDU)				45	45
HYDRAULIC VALVE				12	12
KIT BOROSCOPE			1		1
MLG TYRE		1			1
O-RING SEAL	1				1
OVERHEAD UNIT				37	37
PORTABLE MAINTENANCE AID			1		1
PROXIMITY SENSOR				13	13
SCREW	1				1
START FUEL NOZZLE, APU		19			19
PRESSURE SWITCH		22			22
<b>Totale complessivo</b>	<b>2</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>150</b>	<b>205</b>

A partire dal database dei ROR si nota come due dei componenti considerati **non siano applicabili** a tutte le Flotte. In particolare, si tratta dei componenti *Control Panel*, non applicabile per la Flotta 3, e la *V/UHF Radio* non applicabile per la Flotta 2.

Partendo dai calcoli dell'analisi operativa e considerando il numero totale di rimoziioni osservate nel periodo di riferimento, si valuta l'MT BUR per il periodo in analisi.

FH tot	UR 2014-2018
8756	213

MTBUR 2014-2018
41,11

URR 2014-2018
24,33

Successivamente si è proceduto all'analisi del numero di rimoziioni per anno e per flotta:

Tabella 8 Numero di ROR per anno e per Flotta

	YEAR	2014	2014-15	2014-16	2014-17	2014-18
Fleet 1	UR YEAR	21	19	21	18	21
	Cumulative UR YEAR	<b>21</b>	<b>40</b>	<b>61</b>	<b>79</b>	<b>100</b>
Fleet 2	UR YEAR	11	20	17	9	13
	Cumulative UR YEAR	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>48</b>	<b>57</b>	<b>70</b>
Fleet 3	UR YEAR	0	5	16	13	9
	Cumulative UR YEAR	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>34</b>	<b>43</b>

Si è quindi potuto estendere tale calcolo alla totalità delle Flotte considerate:

Tabella 9 Numero di ROR per anno per tutte le Flotte

Etichette di riga	Conteggio di N° ROR
2014	32
2015	44
2016	54
2017	40
2018	43
<b>Totale complessivo</b>	<b>213</b>

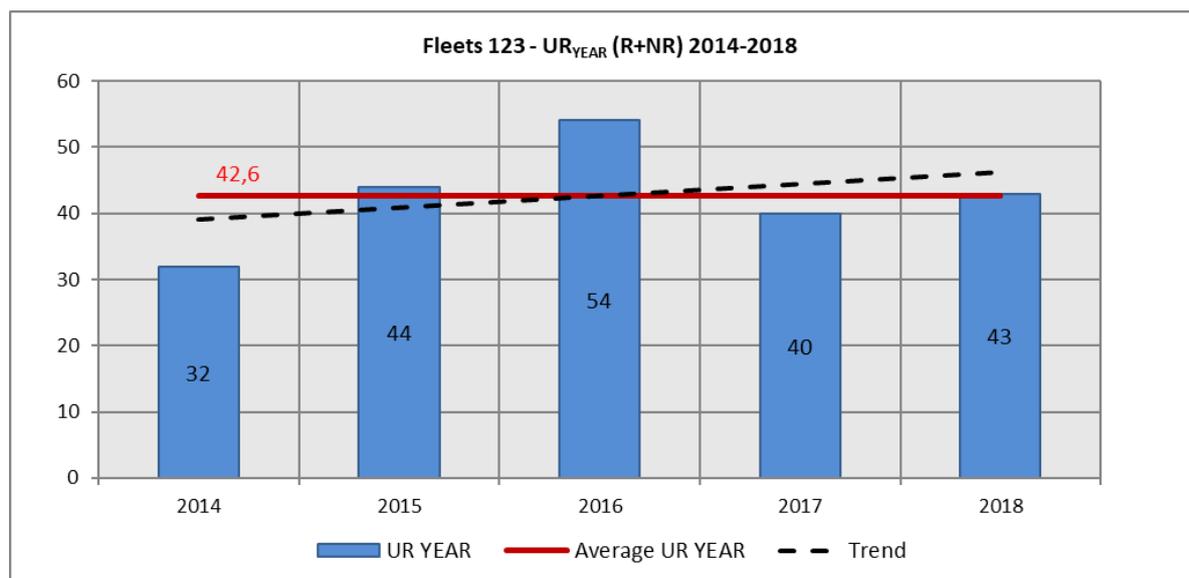
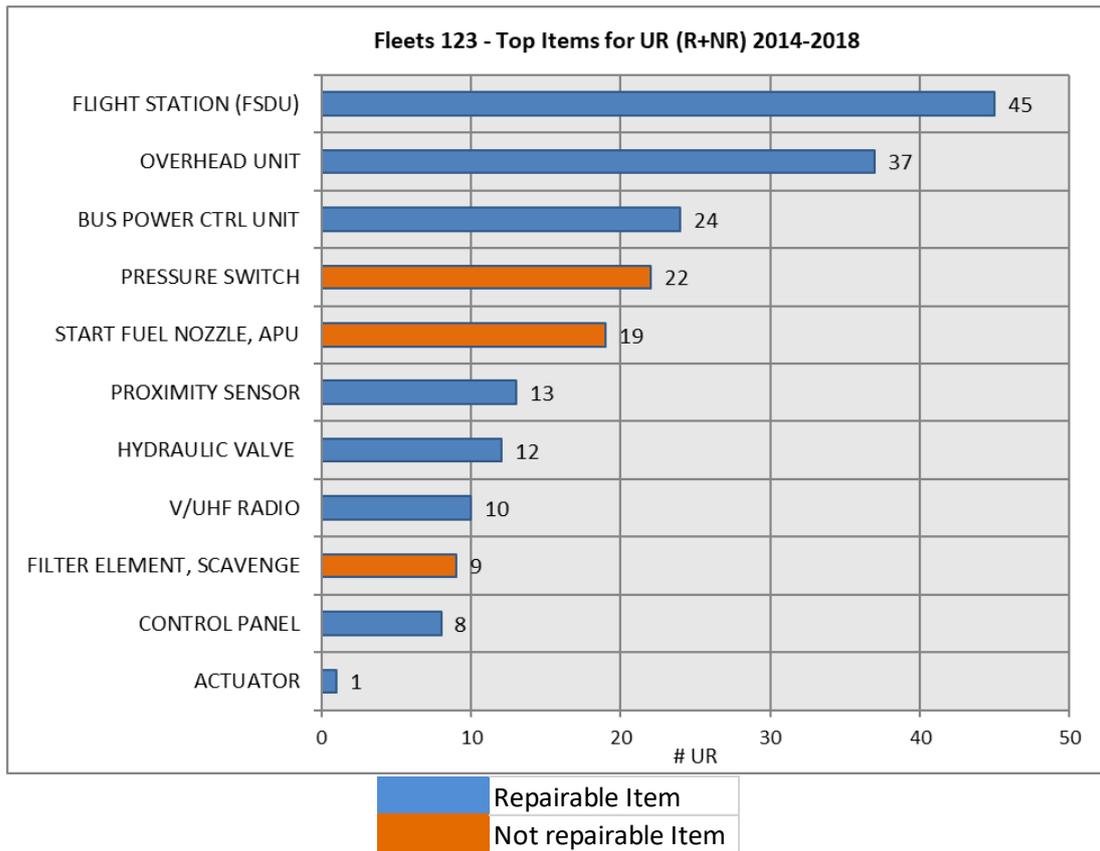


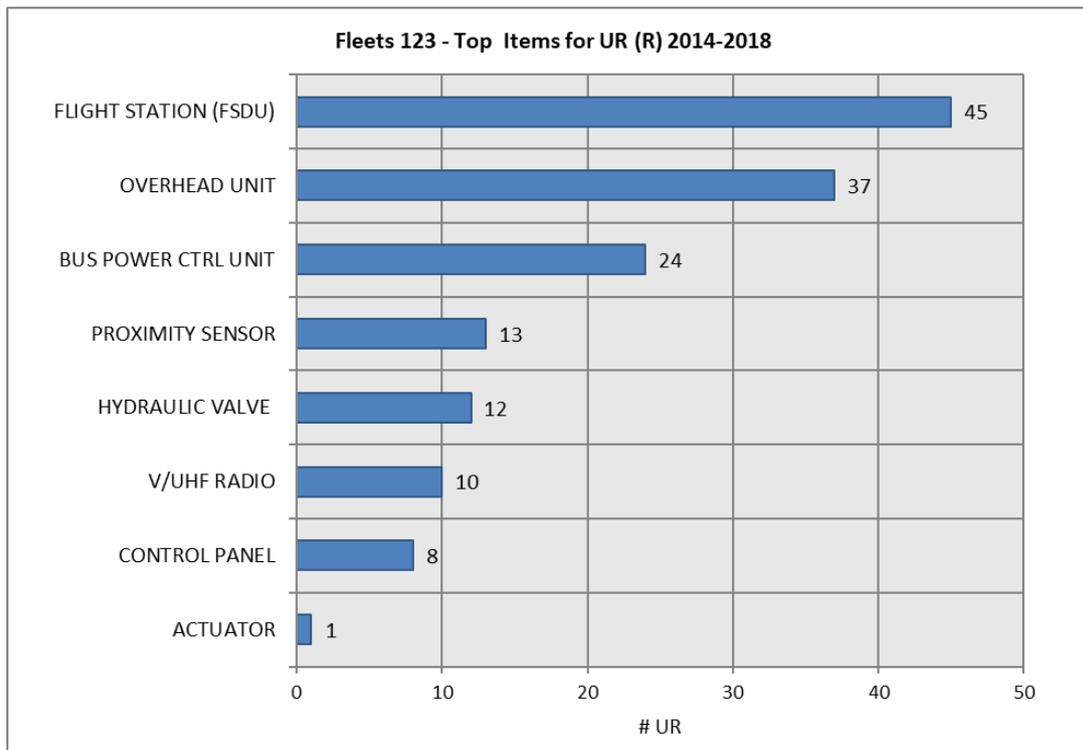
Figura 12 Diagramma riassuntivo dei ROR annuali per tutte le Flotte

Lo studio appena effettuato relativamente alle Flotte considerate, può essere rivolto agli item interessati dalle rimozioni (Top item per numero di UR).



*Figura 13 Numero di ROR per item Riparabili e Non Riparabili nel periodo considerato*

In particolare, si ricorda come sia di maggior interesse il considerare primariamente i componenti Riparabili.



*Figura 14 Numero di ROR per i soli item Riparabili nel periodo considerato*

Dallo studio del solo numero di eventi verificatisi il componente più critico risulta essere l’FSDU. Il parametro d’Affidabilità prescelto per l’analisi ISDA è però l’MTBUR (equivalentemente si può utilizzare l’URR).

### 8.2.3.1 ANALISI D’AFFIDABILITÀ PER FLOTTA/E

Si procede quindi al calcolo dell’MTBUR relativo a ciascuno degli anni monitorati per le Flotte considerate. Se ne valuta inoltre l’andamento nel tempo ed il valore medio di riferimento per il periodo di interesse.

Tabella 10 Calcolo dell’MTBUR cumulativo per il periodo considerato

YEAR	2014	2014-15	2014-16	2014-17	2014-18
Cumulative FH	1139	2625	4653	6788	<b>8756</b>
Cumulative UR YEAR	32	76	130	170	<b>213</b>
Cum. URR [1/1000 FH]	28,09	28,95	27,94	25,04	24,33
Cum. MTBUR [FH]	35,59	34,54	35,79	39,93	41,11
MTBUR Avg [FH]	37,39	37,39	37,39	37,39	37,39

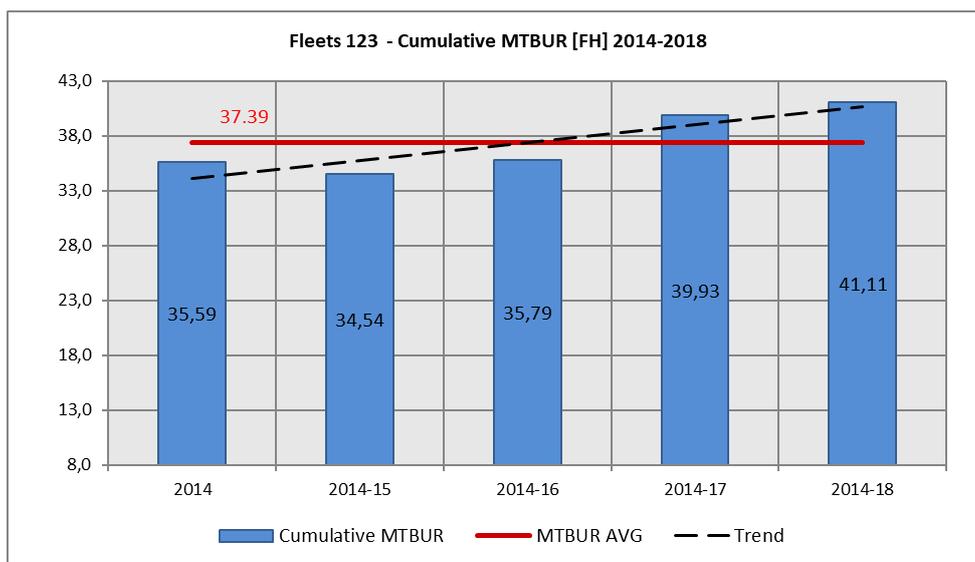


Figura 15 Andamento del parametro d’Affidabilità nel periodo considerato

Dall’analisi del trend dell’MTBUR si può osservare un miglioramento dell’Affidabilità globale delle Flotte col passare degli anni. Si ricorda infatti che tale parametro misura il tempo in ore di volo tra rimozioni non schedate. È quindi evidente che tanto più alto sarà il valore assunto e tanto più elevata sarà l’Affidabilità del prodotto/sistema.

La stessa tipologia di analisi può poi essere effettuata per singola Flotta.

Tabella 11 MTBUR cumulativo per singola Flotta

YEAR	Fleet Cumulative MTBUR [FH]				
	2014	2014-15	2014-16	2014-17	2014-18
<b>Fleet 1</b>	31,24	34,20	38,28	40,16	40,19
<b>Fleet 2</b>	39,91	32,84	33,54	41,23	42,01
<b>Fleet 3</b>	-	47,80	33,71	37,21	41,77

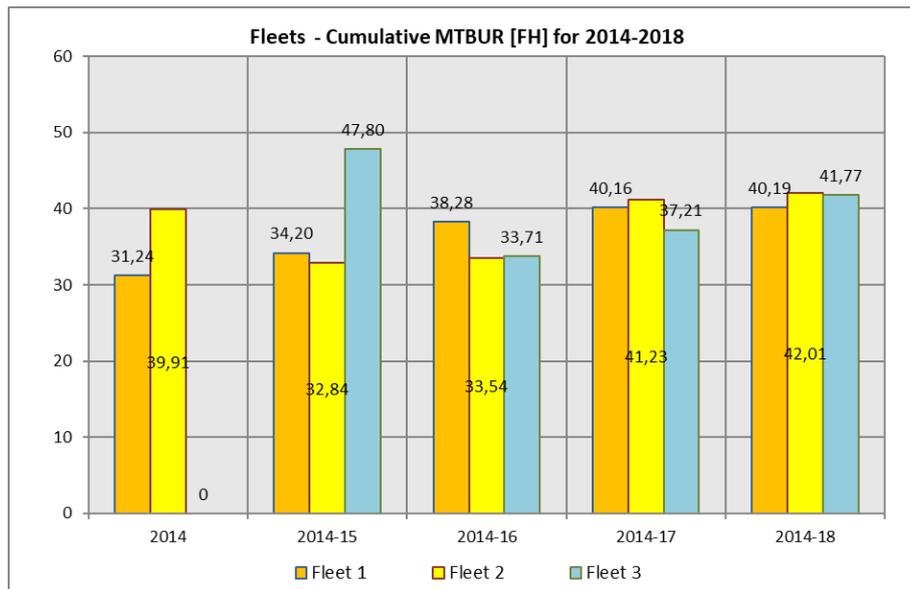


Figura 16 Diagramma riassuntivo dell'MTBUR cumulativo per singola Flotta

### 8.2.3.2 ANALISI D’AFFIDABILITÀ PER A/C

Completato lo studio relativo alle Flotte si opera lo studio dell’Affidabilità a livello del singolo velivolo nel periodo considerato.

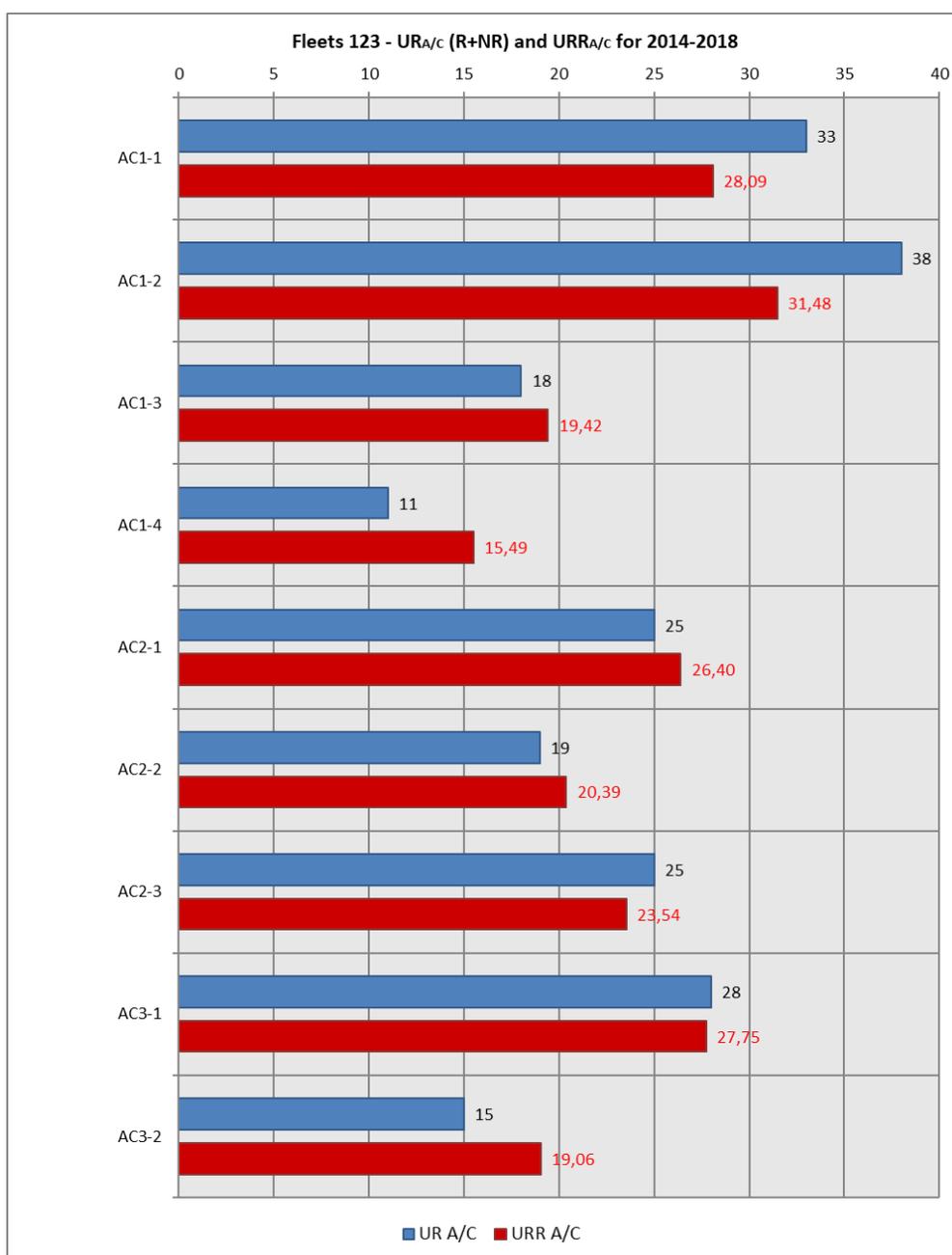


Figura 17 Numero di UR e relativo rateo per singolo velivolo

Dall’analisi della *Figura 16* risulta che il velivolo meno affidabile è l’AC1-2 della Flotta 1.

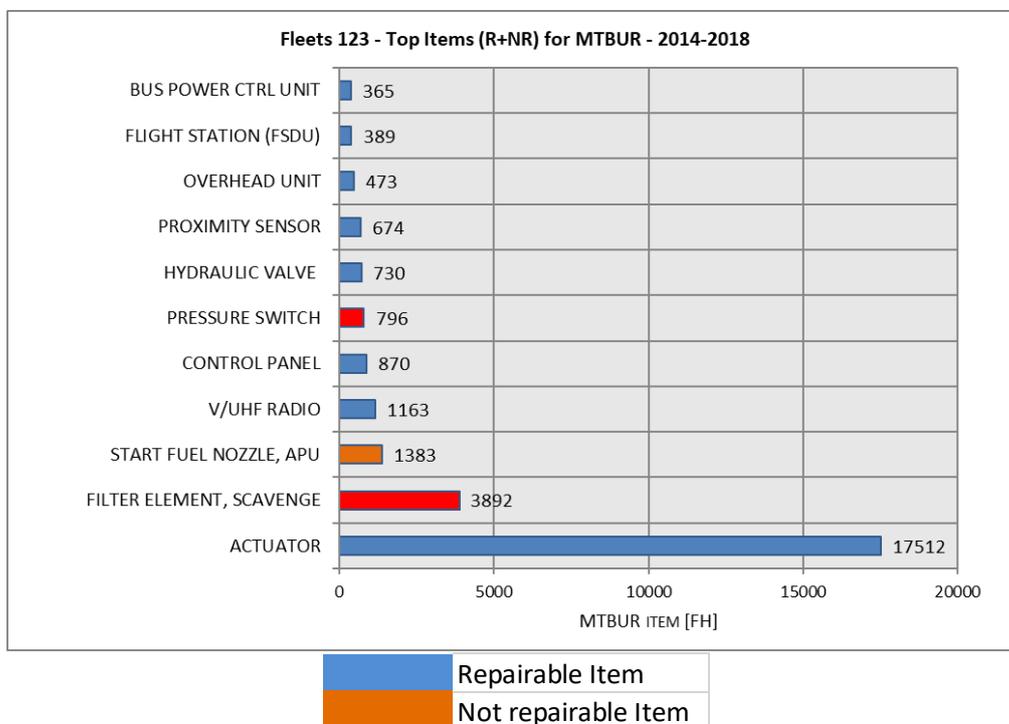
### 8.2.3.3 ANALISI D’AFFIDABILITÀ PER ITEM

Si giunge così all’analisi relativa ai singoli componenti che permette l’individuazione delle criticità a livello dei singoli item, input per una successiva indagine successiva. Normalmente si opera

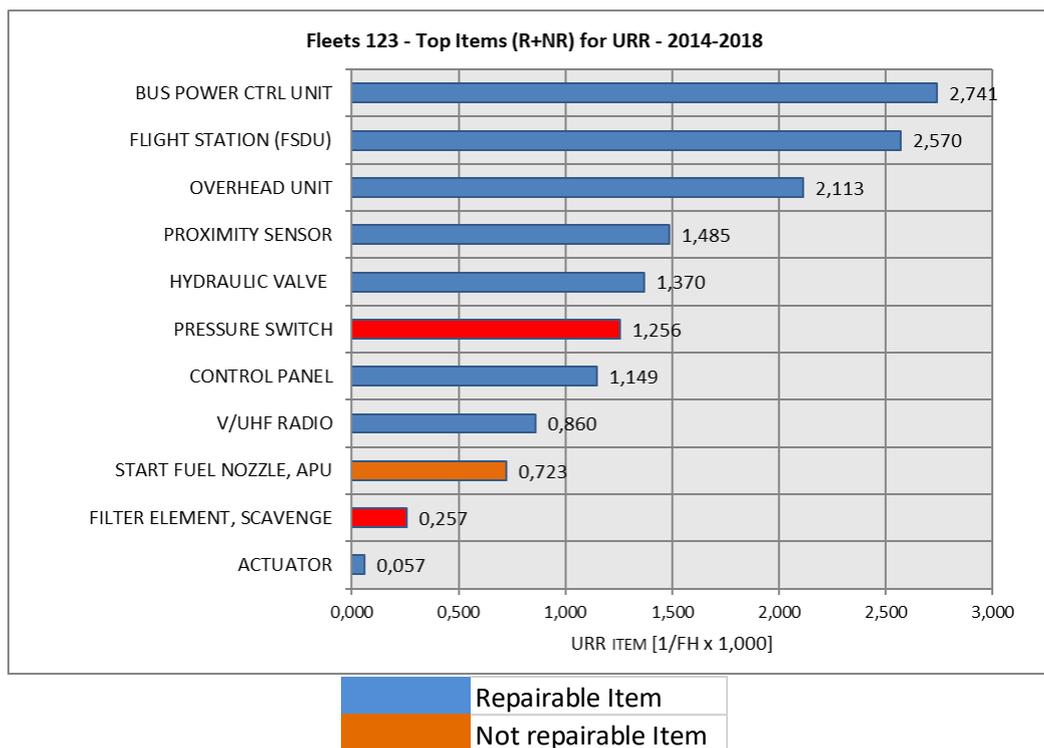
selezionando una lista di circa 20 componenti che mostrano il peggior indice di Affidabilità, tuttavia, lavorando con un numero ridotto di difettosità, se ne riporterà circa una decina. In particolare, nella *Tabella 12* a seguire si ordinano gli item per MTBUR crescente, ovvero per URR decrescente. I componenti in grigio sono Non Riparabili e quindi meno significativi ai fini dell'analisi in corso.

*Tabella 12 MTBUR per i Top Unreliable Items*

DESCRIPTION	FLEETS 123	FLEETS 123
	MTBUR <sub>ITEM</sub>	URR <sub>ITEM</sub>
	[FH]	[UR X 1000 FH]
BUS POWER CTRL UNIT	365	2,741
FLIGHT STATION (FSDU)	389	2,570
OVERHEAD UNIT	473	2,113
PROXIMITY SENSOR	674	1,485
HYDRAULIC VALVE	730	1,370
PRESSURE SWITCH	796	1,256
CONTROL PANEL	870	1,149
V/UHF RADIO	1163	0,860
START FUEL NOZZLE, APU	1383	0,723
FILTER ELEMENT, SCAVENGE	3892	0,257
ACTUATOR	17512	0,057



*Figura 18 Classificazione degli item per MTBUR crescente*



*Figura 19 Classificazione degli item per URR decrescente*

#### 8.2.3.4 CALCOLO GRADIENTE E TREND ANALYSIS

Si completa lo studio con il calcolo del Gradiente che permette una migliore comprensione dell'andamento dell'Affidabilità di un dato componente. Si ricorda che questo parametro rappresenta la pendenza della curva di regressione lineare relativa all'URR. Come tale, un valore positivo sarà legato ad un URR crescente (Affidabilità peggiora), mentre valori negativi saranno invece legati ad un andamento decrescente (Affidabilità migliora).

*Tabella 13 Valori del Gradiente calcolato per i Top Unreliable Items (R + NR)*

Description	URR Gradient
CONTROL PANEL	<b>0,187</b>
V/UHF RADIO	<b>0,143</b>
FLIGHT STATION (FSDU)	<b>0,136</b>
PRESSURE SWITCH	<b>0,106</b>
FILTER ELEMENT, SCAVENGE	<b>0,066</b>
ACTUATOR	<b>0,023</b>
HYDRAULIC VALVE	<b>-0,209</b>
START FUEL NOZZLE, APU	<b>-0,215</b>
PROXIMITY SENSOR	<b>-0,331</b>
OVERHEAD UNIT	<b>-0,385</b>
BUS POWER CTRL UNIT	<b>-0,924</b>

Il valore di Gradiente ottenuto per il *Bus Power Control Unit* è fortemente negativo rispetto agli altri valori, per cui non viene inserito nel diagramma riepilogativo.

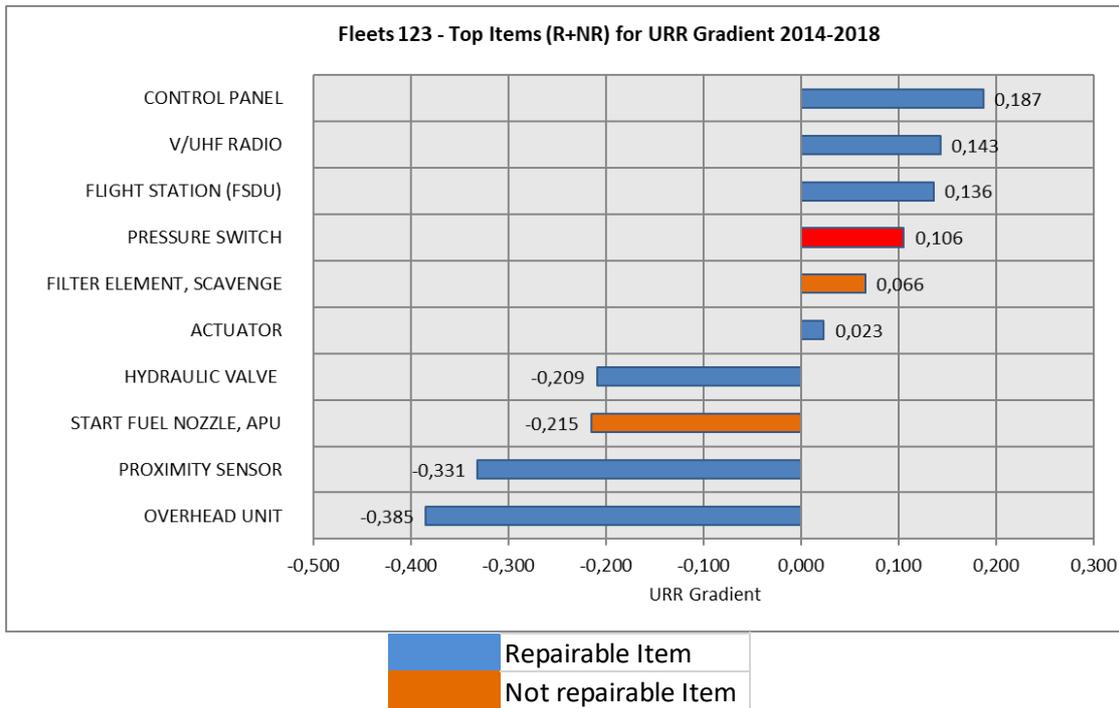


Figura 20 Gradiente per i Top Unreliable Items

### 8.2.3.5 SELEZIONE DEGLI ITEM CRITICI

A tal punto sono disponibili tutti i dati necessari ad individuare i componenti critici dal punto di vista dell’Affidabilità. Si riportano tali dati nelle seguenti tabelle riepilogative per item Riparabili e Non Riparabili. I *Top Unreliable Items* saranno ordinati per URR decrescente.

Item details				FLEETS 123 Reliability Analysis							
#	Description	PN	QPA	UR	URR 2014	URR 2015	URR 2016	URR 2017	URR 2018	URR AVG	GRADIENT
1	BUS POWER CTRL UNIT	BPCU3565-101	1	24	5,268	2,692	4,438	0,937	1,524	2,972	-0,924
2	FLIGHT STATION (FSDU)	727-0326/03MOD02	2	45	2,634	1,346	3,698	1,874	3,049	2,520	0,136
		727-0326/03									
3	OVERHEAD UNIT	698235-1	2	37	3,512	2,019	2,219	1,639	1,778	2,233	-0,385
		1500-2540-001									
4	PROXIMITY SENSOR	74A24-03	1	13	1,756	2,692	0,986	1,874	0,508	1,563	-0,331
5	HYDRAULIC VALVE	3291542-2	1	12	1,756	2,019	0,986	1,405	1,016	1,436	-0,209
6	CONTROL PANEL	697936-5	1	8	0	1,549	1,924	0,634	1,392	1,100	0,187
		712965-4									
7	V/UHF RADIO	E3958.1000	2	10	0	1,103	1,045	1,075	0,726	0,790	0,143
		822-2640-001									

Figura 21 Tabella riepilogativa componenti Riparabili

Item details				FLEETS 123 Reliability Analysis							
#	Description	PN	QPA	UR	URR 2014	URR 2015	URR 2016	URR 2017	URR 2018	URR AVG	GRADIENT
1	PRESSURE SWITCH	666000587	2	22	0,878	1,682	0,986	0,937	1,778	1,252	0,106
		666000620									
2	START FUEL NOZZLE, APU	4502052A	3	19	0,585	2,467	0,000	0,468	0,508	0,806	-0,215
		4506930									
3	FILTER ELEMENT, SCAVENGE	23058254	4	9	0	0,336	0,247	0,234	0,381	0,240	0,066

Figura 22 Tabella riepilogativa componenti Non Riparabili

Si nota quindi come tra gli item Riparabili i più preoccupanti per quanto concerne l’Affidabilità siano i primi 3, distaccandosi di netto dagli altri per numero di UR e valore di  $URR_{Avg}$ :

- *Bus Power Ctrl Unit*;
- *Flight Station (FSDU)*;
- *Overhead Unit*.

In particolare, analizzando i valori ottenuti per il Gradiente si osserva che per il primo ed il terzo componente si sono ottenuti valori negativi, mentre per il secondo un valore positivo. Questo significa che se per il *Bus Power Ctrl Unit* e l’*Overhead Unit* si osserva un miglioramento in termini di Affidabilità, per la *Flight Station* si ha invece un decadimento. Sulla base di queste considerazioni, la scelta degli item critici, oggetto di una successiva analisi FRACAS, ricade su tutti e 3 i componenti. Sarà infatti necessario assicurarsi che l’Affidabilità del primo e del terzo item continui a migliorare, mentre per il secondo è auspicabile uno studio approfondito, mirato all’individuazione di azioni correttive che modifichino il *trend*.

### 8.3 ALLEGATO 2 - DISPOSIZIONE OPERATIVA FRACAS

#### 8.3.1 Scopo

Obiettivo della seguente Disposizione Operativa è la descrizione delle modalità di svolgimento del processo FRACAS. Esso si configura come un potente mezzo per ottenere i valori desiderati di Affidabilità e per assicurare la Manutenibilità dei sistemi dei velivoli.

Essenziale è che le difettosità e i malfunzionamenti hardware e software siano individuati e riportati, approfonditamente indagati e analizzati, in modo da comprenderne le cause. Sarà quindi possibile individuare delle azioni correttive che andranno poi implementate e monitorate allo scopo di verificarne l'efficacia in termini di miglioramento dell'Affidabilità dei sistemi/componenti o di semplificazione degli interventi manutentivi.

La DO è quindi applicabile ai dati dal servizio dei velivoli con i seguenti obiettivi:

- Risoluzione di criticità evidenziate da precedenti analisi ISDA;
- Monitoraggio delle prestazioni (Affidabilità);
- Implementazione delle azioni correttive prescelte.

#### 8.3.2 Specifiche di riferimento

**Normative/Standard Esterni:**

<b>ASD S5000F</b>	International Specification for In-Service Data Feedback
<b>CEN EN 9100:2018</b>	Sistemi di Gestione per la Qualità - Requisiti per le Organizzazioni dell'Aeronautica, dello Spazio e della Difesa
<b>MIL – STD – 2155</b>	Failure Reporting Analysis and Corrective Action System
<b>MIL – STD – 785B</b>	Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production

Alle specifiche di impiego generale riportate, vanno aggiunte le **specifiche nazionali e/o internazionali** per la tipologia di velivolo considerata. Vanno inoltre considerate le **Normative Interne Aziendali** che si applicano all'attività considerata.

#### 8.3.3 Principi generali

Il processo FRACAS è pianificato considerando tutti gli Enti e i soggetti coinvolti nella progettazione, nella produzione e nell'utilizzo del prodotto. Nella presente DO, orientata alla fase operativa dei velivoli considerati, si definiscono le modalità di svolgimento delle seguenti attività:

- *Failure Reporting* dei malfunzionamenti osservati in servizio;
- Raccolta dei dati e identificazione delle difettosità;
- Elaborazione dei dati dal servizio per:

- aggiornare il database storico FRACAS in modo da avere a disposizione i dati più recenti sui *failure*;
  - permettere l'identificazione di azioni correttive efficaci;
  - condividere le informazioni con tutti gli Enti coinvolti, in modo da rendere i dati prontamente disponibili nella risoluzione delle problematiche insorte;
- Attività di *Failure Verification* al fine di fornire prova del malfunzionamento osservato;
  - Attività di *Failure Analysis* per individuare le cause di un *failure*;
  - Attività di *Failure Review Board* e selezione delle azioni correttive.

I malfunzionamenti devono dunque essere segnalati, verificati e analizzati per comprenderne le cause e permettere la definizione di azioni correttive appropriate. Parallelamente alla presente DO, dovranno essere definiti e rispettati i metodi per acquisire, registrare e trasmettere i dati, così come le DO relative allo svolgimento dei test e delle prove relativi al processo FRACAS.

Come suggerito dalle specifiche è opportuno produrre un *FRACAS Plan*, ovvero un documento in cui siano contenute le descrizioni delle varie fasi del processo incluse le modalità di trasmissione delle informazioni e il *feedback* delle azioni correttive da attuare.

### 8.3.4 Modalità operative

Questa sezione tratta in maniera dettagliata le fasi che costituiscono l'implementazione del processo FRACAS. Per una rapida panoramica si faccia riferimento alla *Figura* seguente:

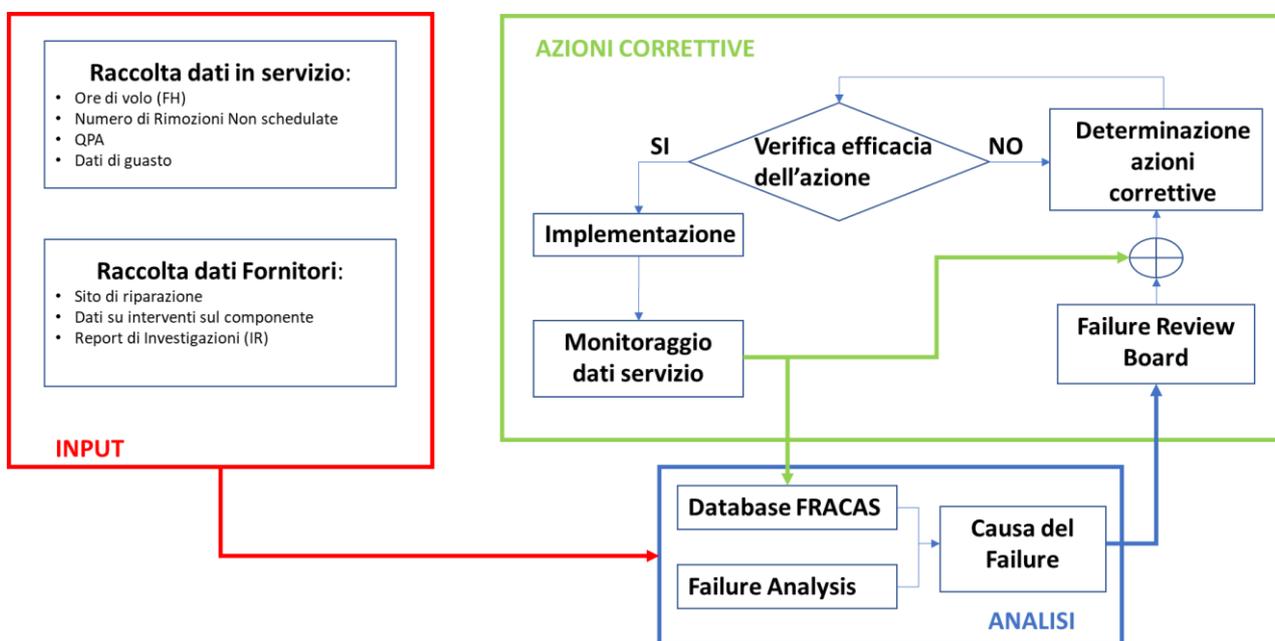


Figura 23 Processo FRACAS - fasi operative

Il processo FRACAS si configura come un ciclo chiuso di attività che deve essere mantenuto attivo fin quando si giunge alla risoluzione della criticità osservata e l'efficacia delle azioni correttive implementate non è stata verificata.

#### 8.3.4.1 ATTIVITÀ DI FAILURE REPORTING

La prima fase del processo FRACAS è rappresentata dalla segnalazione del malfunzionamento. Per ogni avaria deve essere fornita la data dell'evento, le ore di volo del velivolo considerato, le ore di operatività effettive del sistema/componente in modo da escludere la possibilità che si tratti di un'avaria occasionale, piuttosto che un difetto di progettazione, di produzione o legato a fenomeni di usura.

Vanno inoltre riportate le condizioni operative e ambientali in cui sono stati osservati i problemi. La metodologia di raccolta ed il formato dei dati da inserire devono essere dettagliatamente definiti. In particolare, il *Failure Report* deve contenere tutte le informazioni necessarie ad identificare univocamente il sistema/componente malfunzionante, insieme ai sintomi osservati, i risultati di eventuali test svolti (inclusi BIT) e i dati relativi alla vita operativa dell'item considerato. Nel caso di dati provenienti dai Fornitori, può essere necessario definire un formato di Report specifico per includere dati relativi agli interventi, o alle investigazioni svolte sul componente.

#### 8.3.4.2 RACCOLTA ED ELABORAZIONE DATI - DATABASE FRACAS

I dati provenienti dal servizio e dai Fornitori devono essere raccolti ed organizzati a costituire il Database FRACAS. Questo conterrà tutti i dati storici sulle difettosità osservate, incluse anche le cause individuate e le azioni correttive implementate. Il Database permette quindi di misurare le prestazioni in termini di Affidabilità del sistema velivolo e dei suoi componenti, permettendo il monitoraggio e la verifica dell'efficacia delle azioni correttive implementate. La creazione e l'aggiornamento di tale banca dati è estremamente importante per:

- Standardizzare le informazioni ottenute tramite *Failure Report*, anche quando questi provengono da fonti diverse e adottano formati differenti;
- Raccogliere tutti i dati relativi ai malfunzionamenti osservati durante la vita operativa di un velivolo e i risultati di indagini svolte sul sistema/componente;
- Individuare più facilmente le cause di una certa avaria basandosi su un confronto con i dati storici esistenti su velivoli simili, permettendo dunque di giungere alla selezione di un'azione correttiva efficace.

Il Database deve essere strutturato con la possibilità di permettere l'accesso ai dati a tutti gli Enti coinvolti. Deve inoltre essere possibile introdurre dati relativi al verificarsi di nuovi *failure*, allo svolgimento di investigazioni o all'implementazione di azioni correttive. La modifica del Database deve essere autorizzata al solo personale competente. I dati trattati sono tipicamente materiale Non Classificato. Nel caso in cui si dovessero gestire informazioni Classificate si dovranno selezionare soluzioni d'archiviazione separate come specificato dalle normative di sicurezza Aziendale.

#### 8.3.4.3 ATTIVITÀ DI FAILURE VERIFICATION

Le avarie osservate devono essere approfonditamente dettagliate e verificate. L'operazione di verifica comporta il fornire delle prove certe che l'anomalia osservata sia effettivamente classificabile come *failure*. Queste possono essere ottenute tramite test (incluso BIT) o prove in laboratorio tecnologico che permettano di riprodurre il comportamento osservato.

L'attività di verifica di un *failure* deve essere descritta dettagliatamente nel verbale FRB, includendo le modalità con cui è stata svolta e gli Enti intervenuti nel processo (allegare IR).

#### 8.3.4.4 ATTIVITÀ DI FAILURE ANALYSIS

L'attività di analisi coincide con l'identificazione delle cause primarie e secondarie delle avarie verificatesi. Il primo passo coincide con il consolidamento dei dati relativi all'avaria di interesse da parte di Personale competente. Vengono quindi programmate le attività di indagine successive. Tali indagini possono limitarsi a semplici investigazioni sulle modalità di avaria, fino a prove in laboratorio tecnologico. In ogni caso il livello di approfondimento dell'indagine deve essere tale da permettere l'individuazione delle cause scatenanti e favorire la selezione di azioni correttive efficaci.

#### 8.3.4.5 ATTIVITÀ DI FAILURE REVIEW BOARD

Le FRB sono riunioni indotte per risolvere problemi di indisponibilità del velivolo, rilevamento di bassa Affidabilità o degli alti costi sostenuti da parte del Cliente. Sono convocate dagli Enti interessati e devono essere programmate quanto più possibile con cadenza periodica. Sono chiamati a partecipare tutte le Personalità coinvolte inclusi Clienti e Fornitori.

L'obiettivo primario degli incontri è di discutere i risultati delle analisi effettuate per individuare le cause delle avarie osservate e proporre delle valide azioni correttive. Si andrà inoltre a monitorare l'andamento dell'Affidabilità di componenti su cui si è già intervenuto, assicurandosi che le azioni selezionate siano adeguatamente implementate e verificandone l'efficacia. Gli interventi devono mirare all'ottenimento di risultati rapidi, evitando l'accumulo di malfunzionamenti non risolti.

Le possibili origini delle avarie osservate in servizio possono essere:

- Errori di progettazione;
- Errori in fase di utilizzo di un sistema/componente;
- Difetti di produzione, o introdotti in fase di riparazione/manutenzione;
- Problematiche legate alla qualità (Non Conformità a specifiche o requisiti).

Alcuni degli indicatori che denunciano la presenza di problematiche sono i dati raccolti in servizio: parametri d'Affidabilità (MTBUR), TAT, dati Logistici (AOCP). Ulteriori fattori da considerare sono poi i dati di costo superiori rispetto a quanto atteso nella definizione del Programma.

Per comprendere a fondo le cause di un'avaria, l'FRB dispone dell'autorità per indire lo svolgimento di analisi specialistiche. Devono inoltre essere descritte e raccolti i risultati relativi alle indagini svolte in relazione ad un certo *failure*.

Sulla base delle conoscenze acquisite circa le cause dei malfunzionamenti riscontrati, l'FRB stabilisce e documenta le azioni correttive da implementare. L'implementazione deve essere seguita da

un'attenta fase di monitoraggio in modo da verificarne l'efficacia ed evitando quindi il ripresentarsi della stessa difettosità.

I risultati delle riunioni FRB sono raccolti in verbali contenenti la descrizione delle avarie osservate, le cause che le hanno generate, le azioni correttive stabilite e lo stato di quelle già implementate da monitorare fino alla risoluzione della problematica. La chiusura di un caso aperto è possibile solo dopo verifica dell'efficacia dell'intervento adottato (monitoraggio in servizio dei parametri di Affidabilità, Logistici e/o di costo).

I verbali devono inoltre contenere la lista degli Enti partecipanti ed il relativo Personale con corrispondenti qualifiche e grado d'autorità.

### 8.3.5 Modulistica Aziendale

Si riporta un esempio di modulo per gli *Investigation Report* da includere in una scheda dedicata del manuale operativo dedicato al processo FRACAS, insieme a tutte le altre schede contenenti i formati da adottare per la raccolta, gestione e trasmissione di informazioni.

1. LOGO		2. <b>INVESTIGATION REPORT</b>		3. DEFECT REPORT N°	4. ISSUE	5. SHEET
6. SPECIFICATION/DRAWING N°			7. WARRANTY	8. DATE		
9. SUPPLIER	10. CODE	11. DESCRIPTION				
12. PART NUMBER	13. MOD STD	14. SERIAL NUMBER				
15. INVESTIGATION REPORT						
16. ACTION TAKEN TO RECTIFY EQUIPMENT						
17. CAUSE OF DEFECT						
	DESIGN PROBLEM <input type="checkbox"/>	MANUFACT. PROBLEM <input type="checkbox"/>	DEFECTIVE MATERIAL <input type="checkbox"/>	MISHANDLING <input type="checkbox"/>	OCCASIONAL DEFET <input type="checkbox"/>	
	EXTERNAL CAUSE <input type="checkbox"/>	F.O.D. <input type="checkbox"/>	SOFTWARE PROBLEM <input type="checkbox"/>	UNKNOWN <input type="checkbox"/>	NOT FAULT FOUND <input type="checkbox"/>	
	MISOPERATION <input type="checkbox"/>	INSTALLATION PROBLEM <input type="checkbox"/>	QUALITY PROBLEM <input type="checkbox"/>	COMPONENT DEFECT <input type="checkbox"/>		
18. ACTION TO PREVENT RECURRENCE						
19. TECHNICAL LIABILITY ACCEPTED :			19b. FINAL CLASSIFICATION:		20. DISTRIBUTION	
YES <input type="checkbox"/> NOT <input type="checkbox"/>			P <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> NFF <input type="checkbox"/>			
21. MANUFACTURER SIGNATURE			22. SUPPLIER SIGNATURE			23. CLOSED BY:
Q.A.	DATE	Q.A.	DATE			
N.Q.A.R.	DATE	N.Q.A.R.	DATE			

Figura 24 Modulo standard per IR

<b>Pos.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Contenuto</b>
1	Logo	Logo Aziendale
2	Nome del programma	Nome del programma
3	Defect Report N.	Numero del Defect Report a cui si riferisce l'IR
4	Issue	Edizione dell'Investigation Report
5	Sheet	Numero pagina (es. 1/1)
6	Specif./Drawing N.	Numero specifica / disegno item difettoso
7	Warranty	Garanzia del pezzo difettoso
8	Date	Data emissione IR del Fornitore
9	Supplier	Ragione sociale del Fornitore
10	Code	Codice Fornitore
11	Description	Denominazione della parte difettosa
12	Part number	Part number della parte difettosa
13	Mod STD	Codice modifica
14	Serial Number	Serial number della parte difettosa
15	Investigation Report	Risultati indagine (il testo può proseguire su II pag.)
16	Action taken	Codice + descrizione Azioni correttive + spazio discorsivo (il testo può proseguire su II pag.)
17	Cause of defect	Causa del difetto (barrare la casella pertinente)
18	Action to prevent	Azioni preventive
19	Technical Liability Accepted	Responsabilità del Fornitore (barrare la casella pert.) + spazio discorsivo (il testo può proseguire su II pag.)
19b	Final Classification	Classificazione finale della tipologia di difetto (barrare la casella pert.)
20	Distribution	Ragione sociale ed Ente ricevente l'IR
21	Manufacturer signature	Firma + data QA Costruttore Firma + data NQAR Costruttore
22	Supplier signature	Firma + data QA Fornitore Firma + data NQAR Fornitore
23	Date closed by Quality Dpt.	Firma + data Equipment Suppliers Quality di chiusura dell'IR

## 8.4 LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS

L'LSA è uno dei processi più importanti dello sviluppo del supporto di un prodotto. Si configura, infatti, come il principale strumento per ottimizzare il costo del *life cycle* di un prodotto, definire tutte le risorse necessarie al suo supporto e progettare sistemi efficienti dal punto di vista della *Maintainability* e della *Reliability*.

La S3000L tratta tutti i processi relativi allo svolgimento dell'LSA:

- Fornisce una linea guida per la realizzazione della scomposizione del prodotto e la selezione degli item candidati per la *Logistic Support Analysis*.
- Descrive le metodologie per lo svolgimento di analisi specifiche.
- Spiega come processare i risultati delle analisi ed ottenere una soluzione costo-efficiente.

Si configura, inoltre, come un'interfaccia che lega l'LSA e il progetto ingegneristico per soddisfare i requisiti RAMT, oltre che con i vari elementi dell'ILS.

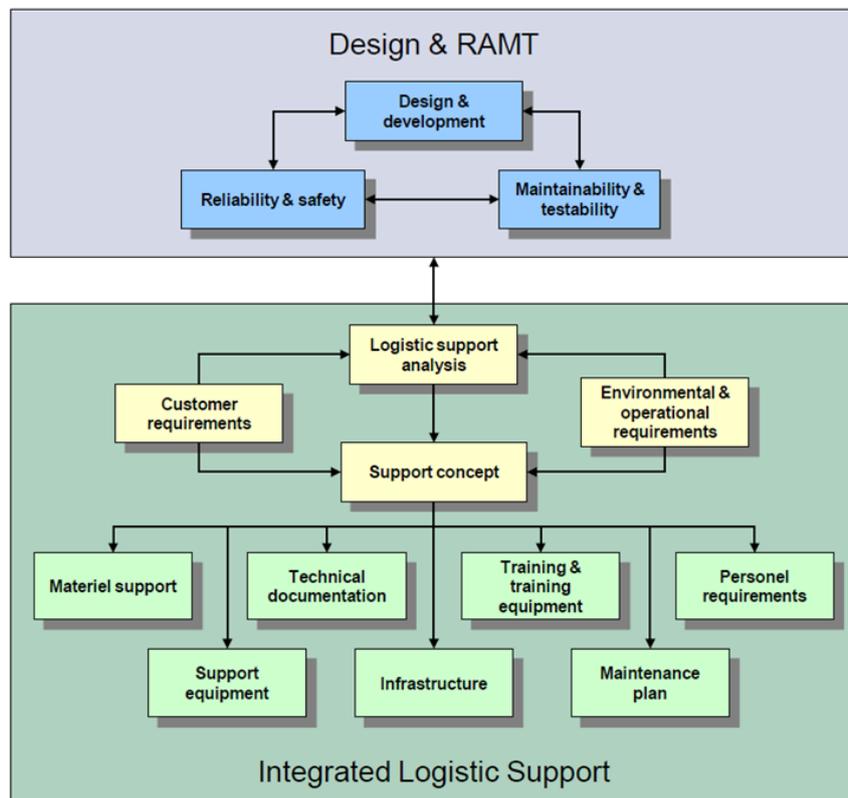


Figura 25 LSA: legame tra il progetto ingegneristico e l'ILS

In tale ottica, lo svolgimento dell'LSA rappresenta la principale fonte di dati tecnici per l'ILS, permettendo quindi di legare lo sviluppo del prodotto alla definizione dettagliata degli elementi del supporto modificando adeguatamente il progetto per soddisfare a pieno i requisiti di *Supportability* individuati. I risultati delle analisi e i dati raccolti durante lo svolgimento dell'LSA costituiranno un database utilizzabile dai vari operatori per permettere una valutazione delle varie alternative esplorate o per lo svolgimento di ulteriori analisi. I primi passi dell'applicazione dell'LSA coincidono con la realizzazione di due documenti: l'**Operational Requirements Document (ORD)**, in cui si identificano

i requisiti operativi del prodotto in un certo scenario, e il *Customer Requirements Document* (CRD), in cui sono elencati i requisiti individuati dal cliente.

L'implementazione di un programma di LSA varia da programma a programma e deve essere anch'essa attentamente studiata per evitare lo svolgimento di analisi inutili o inutilmente costose. A tal proposito viene generalmente creato un apposito LSA *Program Plan* (PP) che racchiuda la pianificazione delle attività legate all'LSA da svolgere sia durante lo sviluppo del prodotto che durante la sua vita operativa. In particolare, per l'individuazione delle risorse e dei task da effettuare si rivelano necessarie specifiche analisi sia per attività manutentive schedulate che correttive. Tale procedimento è ben esplicito in forma semplificata nella *Figura 26*.

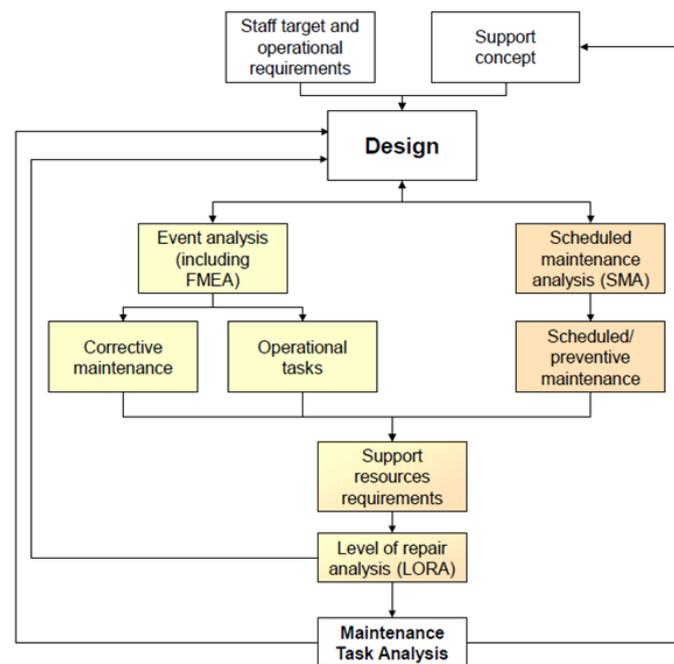


Figura 26 Programma semplificato di LSA

Il PP deve includere almeno le seguenti informazioni:

- Descrizione di come sarà implementata la LSA in modo da raggiungere i requisiti richiesti dal prodotto e dal supporto logistico.
- Identificazione di ogni task che sarà svolta unitamente alle modalità di svolgimento.
- Programma con una stima dei tempi di inizio e completamento di ciascuna attività.
- Descrizione dell'interfaccia tra le attività legate all'LSA con quelle relative allo sviluppo del prodotto e gli elementi dell'ILS.
- Breakdown del prodotto con spiegazione della scomposizione.
- Lista degli item oggetto di LSA – *Candidate Item List* (CIL), unitamente ai criteri stabiliti per la selezione.
- Le procedure e i controlli per identificare lo stato delle attività legate all'LSA relative ad un determinato item.

Output finale dell'LSA è un database contenente tutte le informazioni rilevanti dal punto di vista logistico e manutentivo.

### 8.4.1 Breakdown del prodotto

Il breakdown del prodotto consiste in una scomposizione dello stesso in modo da individuare gli item costituenti il velivolo. Esso è essenziale per i processi dell'LSA, fornendo una chiara comprensione della struttura del prodotto dal livello dei sistemi a quello dei componenti, tenendo anche conto del software. Il suo svolgimento deve essere preceduto dalla scelta del livello di approfondimento della scomposizione in modo da raggiungere il livello di dettaglio appropriato per la selezione degli item candidati per le analisi successive. Possono essere definiti vari tipi di *breakdown* per uno stesso progetto: è molto comune avere una scomposizione legata al progetto ingegneristico, una all'LSA e un'altra utilizzata per la registrazione di dati manutentivi.

Si indica con *Breakdown Element Identifier* (BEI) il codice identificativo di un elemento individuato nella scomposizione (*Breakdown Element* – BE).

Sono applicabili differenti filosofie al processo di scomposizione, riconducibili comunque ad un approccio funzionale o fisico. Nella realizzazione della scomposizione è opportuno che le relazioni tra elementi di livello diverso, così come tra quelli allo stesso livello, siano evidenziate dai corrispondenti BEI, per cui la creazione della sintassi per gli identificativi deve essere effettuata fin dalle prime fasi del progetto ed essere in grado di evidenziare nettamente il rapporto genitore-figlio tra due item. Informazioni aggiuntive possono essere la tipologia di equipaggiamento relativamente agli aspetti di riparabilità o possibilità di sostituzione:

Tabella 14 Classificazione item in base alla riparabilità

Tipologia equipaggiamento	Descrizione
Completamente riparabile	Item completamente riparabile
Parzialmente riparabile	Item parzialmente riparabile in relazione al failure verificatosi
Non riparabile	Item non riparabile

Tabella 15 Classificazione item in base alla semplicità di sostituzione

Tipologia equipaggiamento	Descrizione
Direttamente sostituibile	Item la cui sostituzione non è legata ad alcuna attività su altri elementi del prodotto
Non direttamente sostituibile	Item non direttamente sostituibile in quanto legato ad un altro item. Per effettuare la sostituzione è necessario rimuovere preliminarmente l'item di livello superiore

Non sostituibile	Item intrinsecamente legato ad un altro e quindi non sostituibile singolarmente
------------------	---

Una grande attenzione deve essere rivolta al software, soprattutto in prodotti moderni in cui è altamente integrato con l'intero prodotto. Può quindi essere opportuno considerare il software nel processo di *breakdown*, collegando in maniera chiara un determinato pacchetto software ad un certo hardware, specialmente se è rilevante per la manutenzione. Altro aspetto da considerare quando si ha a che fare con il software è il cambio della configurazione del sistema legato ad un aggiornamento di versione che dovrà quindi essere documentato nel *breakdown*.

Si analizzano quindi le principali tipologie di *breakdown* utilizzate, relativamente all'applicazione dell'LSA:

**Breakdown funzionale:** un *breakdown* funzionale tipicamente parte ponendo il prodotto intero al livello più alto dell'albero. Si individueranno quindi le funzioni principali e le conseguenti sotto-funzioni fino al livello di approfondimento richiesto. È evidente che in un *breakdown* puramente funzionale non si troverà alcuna traccia di elementi hardware.

**Breakdown fisico:** Anche questo tipo di *breakdown* inizia con il prodotto al livello più alto. La scomposizione ai livelli più bassi può avvenire individuando degli assemblati che saranno poi suddivisi negli elementi costituenti nei successivi sottolivelli fino al livello di approfondimento richiesto. In un *breakdown* puramente fisico non saranno presenti elementi funzionali. Informazione fondamentale di un *breakdown* fisico è la posizione di installazione dei vari equipaggiamenti/componenti. In caso di installazioni multiple dello stesso componente si può procedere inserendo un solo BE con il numero di installazioni richieste o, in alternativa, si può inserire un BE per ogni componente che deve essere installato. Per ridurre la difficoltà della realizzazione di un *breakdown* fisico, può essere utile riunire in un'unica famiglia determinati elementi. Il concetto di famiglia di elementi è applicabile quando ci sono item interessati da processi di manutenzione simili.

**Breakdown ibrido:** Una delle tipologie più largamente impiegata, prevede un misto di elementi funzionali e fisici. Tipicamente sistemi e sottosistemi sono inseriti a livello funzionale, mentre equipaggiamenti e componenti sono BE fisici. Quando si utilizza questa metodologia di scomposizione, può essere utile generare prima un *breakdown* funzionale del prodotto, ricollegando quindi sistemi e sottosistemi allo svolgimento di specifiche funzioni. A seconda della complessità del prodotto il livello in cui avviene il passaggio da approccio funzionale a fisico può variare.

**Breakdown parallelo:** Se sono necessari contemporaneamente sia il *breakdown* fisico, che quello funzionale, può essere utile sviluppare parallelamente entrambe le scomposizioni. Adottando questa modalità è importante evidenziare delle connessioni tra BE funzionali e quelli fisici. Il *breakdown*

parallelo si rivela molto utile per la risoluzione di problemi, quali l'individuazione di una giustificazione fisica alla non disponibilità di una certa funzione.

#### 8.4.2 Selezione degli item sottoposti all'LSA

La selezione degli item candidati ad essere sottoposti alla LSA e delle analisi specifiche da effettuare deve essere svolta con attenzione in modo da bilanciare i costi e i benefici legati al completamento delle stesse. Per ciascun candidato possono infatti essere scelti differenti processi di analisi a vari livelli di approfondimento. Perché sia possibile creare la CIL è preliminarmente necessario che sia disponibile il *Breakdown* del prodotto, effettuato tenendo conto degli aspetti logistici. In particolare, dovranno essere fornite le seguenti informazioni:

- Tipo di *Breakdown* effettuato;
- Posizione di installazione degli item;

Ulteriori fattori preliminari da tenere in considerazione sono i dati relativi all'esperienza pregressa con determinati equipaggiamenti in altri prodotti simili.

Un candidato potenziale all'LSA può essere un item a livello di sistema, sottosistema, equipaggiamento o modulo che è riparabile o che richiede supporto manutentivo che sia o meno schedato. I criteri per la selezione devono essere definiti specificamente per ogni progetto. Gli item che non soddisfano i criteri di scelta saranno classificati come non candidati e non necessiteranno un'analisi logistica approfondita. Generalmente i non candidati non compariranno nel *Breakdown* fisico. Inoltre, rientrano in tale categoria tutti quegli elementi soggetti a task standard che non richiedono delle risorse specifiche come ad esempio alcuni consumabili.

È essenziale comprendere la differenza tra le task manutentive che possono interessare un item. Si hanno infatti due categorie di elementi sulla base del tipo di manutenzione da considerare: preventiva o reattiva (legata al verificarsi di un failure o un danno):

- ***Maintenance Relevant Item***: si tratta di item che possono essere riparati o sostituiti in caso di failure o danneggiamento. Normalmente vengono automaticamente inseriti nella CIL.
- ***Maintenance Significant Item***: elementi che sono stati identificati oggetto di manutenzione preventiva attraverso un processo specifico (SMA). Un item di questo tipo diventa un candidato se vengono individuate delle task specifiche che andranno quindi documentate nel database.

Grande attenzione va poi posta agli elementi strutturali di un prodotto che fanno parte del *Breakdown*. Questi ultimi possono infatti essere bersagli preferenziali del processo di selezione per la CIL. Si definiscono in particolare:

- ***Structure Significant Item (SSI)***: elementi strutturali che sono stati identificati attraverso un processo d'analisi come la SMA.
- ***Structural Detail***: è un'area specifica di un SSI che necessita di task particolari individuate durante una SMA. Per tale dettaglio può essere necessario introdurre un'ulteriore BEI

artificiale al livello inferiore rispetto all'elemento strutturale con cui mantiene un rapporto padre-figlio.

Generalmente si è soliti classificare gli item candidati in varie categorie, in modo da differenziare le necessità e ridurre gli sforzi ad un livello adeguato a ogni tipologia:

- **Full candidate:** vengono fornite tutte le informazioni legate all'LSA per l'item in questione.
- **Partial candidate:** viene fornito soltanto un set limitato di informazioni come ad esempio le indicazioni di installazione e rimozione per permettere l'accesso ad altri item. Tipicamente non sono presenti informazioni relative alla riparazione.
- **Candidate family:** vengono fornite informazioni riguardanti un insieme di elementi con caratteristiche simili o interessati da attività simili.
- **Standard Procedure candidate:** vengono fornite soltanto alcune informazioni riguardanti procedure standard per la riparazione di determinati elementi o strutture.

Le regole e i criteri per la selezione, così come per i tipi di analisi da svolgere, devono essere stabiliti congiuntamente dal cliente e dal produttore/sviluppatore per lo specifico progetto. La S3000L presenta degli esempi di checklist da poter impiegare per completare la selezione.

Alcuni dei fattori che possono influenzare la scelta dei criteri di selezione sono:

- Fase del progetto;
- Complessità del prodotto da analizzare;
- Budget allocato per lo sviluppo del supporto logistico e, in particolare, per i processi dell'LSA;
- Item già in uso in condizioni operative simili a quelle previste;
- Dati necessari in output dall'LSA.

### 8.4.3 Attività di analisi legate all'LSA

Come già anticipato l'LSA deve guidare il progetto ingegneristico relativamente agli aspetti legati al supporto logistico. Questo è fatto sin dalle prime fasi della vita di un prodotto e continua con un processo di ottimizzazione durante l'intero ciclo vitale dello stesso. Gli input per tale ottimizzazione sono i risultati di vari tipi di analisi. È quindi essenziale che accanto alla selezione degli item candidati ad essere oggetto della LSA vengano stabilite quali analisi dovranno essere svolte su ciascuno di essi. Anche per la scelta dei processi da applicare è opportuno stabilire dei criteri di selezione, in modo da bilanciare i costi e i benefici legati allo svolgimento di tali analisi. Laddove siano disponibili nuove tecnologie o metodi in grado di offrire risultati superiori ai metodi tradizionali è opportuno effettuare un'attenta valutazione circa la loro applicazione (per esempio l'impiego di simulazioni). Il database relativo all'LSA deve documentare le analisi e i relativi risultati cui sono stati sottoposti gli item selezionati. Si passano dunque in rassegna i principali tipi di analisi relativi all'LSA, tenendo conto del fatto che in molti casi esse si influenzano vicendevolmente o rappresentano una preconditione per lo svolgimento di altre.

#### 8.4.3.1 ANALISI PER L'IDENTIFICAZIONE DELLA NECESSITÀ DI LSA

Il primo passo per l'implementazione di un programma di LSA corrisponde proprio con l'identificare le motivazioni e le giustificazioni per cui una data analisi deve essere svolta. In tale processo è molto importante tenere presenti eventuali vincoli contrattuali e le necessità del cliente. Alcuni degli aspetti da considerare sono:

- Le modalità d'uso previste per il prodotto (ORD o CRD), così come la strategia di supporto stabilita.
- Le informazioni che devono essere dimostrate o validate dai risultati dell'LSA.
- I report richiesti per approfondire determinate aree di interesse (misura delle prestazioni, report di verifica).
- I risultati di analisi di *trade off* per garantire la migliore costo-efficienza, ovvero il valutare soluzioni differenti che raggiungano i requisiti del cliente, ma con un costo o una complessità inferiore.

Il risultato di questa prima analisi deve essere un accordo tra le parti circa i tipi di analisi, il loro livello di approfondimento e la metodologia di documentazione dei risultati da impiegare su ogni item selezionato.

#### 8.4.3.2 HUMAN FACTOR ANALYSIS

La HMA fornisce informazioni da usare per determinare requisiti relativi al personale manutentivo e all'equipaggiamento di supporto tenendo conto dei limiti legati all'intervento umano. Tali limiti possono influenzare la strategia di supporto ed il progetto del prodotto stesso. Per tale ragione è opportuno che i risultati di questa analisi siano disponibili fin dalle prime fasi dell'iter progettuale. In tal senso l'LSA deve guidare il progetto in modo da tener conto dei task che dovranno essere svolte dall'equipaggio durante la fase operativa, prevedendo i giusti supporti laddove necessari. In particolare, alcuni degli aspetti da tenere in considerazione sono:

- Fattori antropometrici:
  - Linea e campo di vista;
  - Forza muscolare;
  - Peso massimo che deve essere sollevato
  - Peso massimo dell'equipaggiamento di supporto;
  - Dimensioni dei pannelli d'accesso in relazione alle dimensioni di mani e braccia.
- Fattori ergonomici:
  - Progetto dei controlli (leve, pulsanti, joystick);
  - Progetto del workspace (operazioni da seduto, in piedi o in movimento);
  - Difficoltà di accesso (necessità di rampe o scale);
  - Necessità di illuminazione.

- Fattori ambientali:
  - Temperatura massima e minima;
  - Influenza di effetti ambientali come vento o ghiaccio;
  - Riduzione delle performance umane in condizioni climatiche estreme;
  - Necessità di ventilazione;
  - Esposizione a raggi ultravioletti o altre fonti energetiche;
  - Esposizione a polveri o fumi.

Altro fattore da tenere in debita considerazione è legato alla manipolazione di materiali pericolosi per la salute umana. Alla fine della vita operativa e l'inizio della fase di *disposal* gli *human factors* possono essere un elemento cruciale da considerare data la necessità di gestire materiali di scarto che possono essere un rischio per la salute. A tal proposito è essenziale che le normative nazionali intervengano nel processo di LSA.

#### 8.4.3.3 MAINTAINABILITY ANALYSIS

È consigliato svolgere un'analisi di manutenibilità per ogni item candidato, in modo da stabilire se un elemento è o meno supportabile. Alcuni degli output di tale analisi possono essere:

- Valutazione tecnica delle caratteristiche di manutenibilità richieste dal cliente.
- Identificazione di task di manutenzione a vari livelli per ogni item selezionato.
- Valutazione di aspetti particolari quali ad esempio l'applicazione di un design modulare del prodotto finale che tenga conto degli aspetti di manutenibilità (l'item con il peggior indice di affidabilità non deve essere posizionato dietro altri elementi).

A seconda del tipo di item varierà il livello di approfondimento dell'analisi.

Tabella 16 Livello di approfondimento dell'analisi a seconda del tipo di componente

<b>Item</b>	<b>Livello di approfondimento dell'analisi</b>
Item già in uso in condizioni simili	Si possono usare i dati disponibili, analisi facoltativa
Item già in uso in condizioni diverse	I dati disponibili necessitano di correzione, l'analisi è raccomandata per tener conto delle nuove condizioni operative
COTS item	La conformità delle caratteristiche di tali item deve essere verificata dal cliente
Item già in uso che necessita lievi modifiche	I dati disponibili necessitano di correzione, l'analisi di manutenibilità è in genere facoltativa
Item già in uso che necessita di modifiche importanti	I dati disponibili devono essere attentamente corretti. È fortemente raccomandata una nuova analisi
Item di nuovo sviluppo basati su tecnologie note	È fortemente consigliata un'analisi dettagliata di manutenibilità
Item di nuovo sviluppo basato su nuova tecnologia	Un'analisi di manutenibilità è obbligatoria

#### 8.4.3.4 DAMAGE AND SPECIAL EVENTS ANALYSIS

Tale analisi mira all'individuazione di attività manutentive legate al verificarsi di danni o eventi speciali durante la normale operatività del prodotto. Essa trova ampia applicazione per individuare la necessità di intervento non schedato. Dopo l'individuazione, le task necessarie saranno descritte in dettaglio nella successiva MTA. Molto utili per questo studio si rivelano i dati raccolti mediante l'applicazione dell'ISDA su prodotti simili. Si introducono preliminarmente alcune definizioni:

- Evento speciale: un evento che si verifica durante la vita operativa del prodotto che non rientra nelle normali operazioni. Può essere dovuto a cause esterne (fenomeni meteorologici) o al superamento dei limiti d'utilizzo (manovre al di fuori del diagramma di manovra).
- Causa esterna: la causa di un danno o di un evento speciale è detta esterna se è indipendente dall'utilizzo del prodotto.
- Causa interna: la causa di un danno o di un evento speciale è detta interna se è strettamente legata all'utilizzo del prodotto.

Lo svolgimento di una *DSE Analysis* prevede alcuni passi fondamentali, evidenziati nella *Figura 27* a seguire.

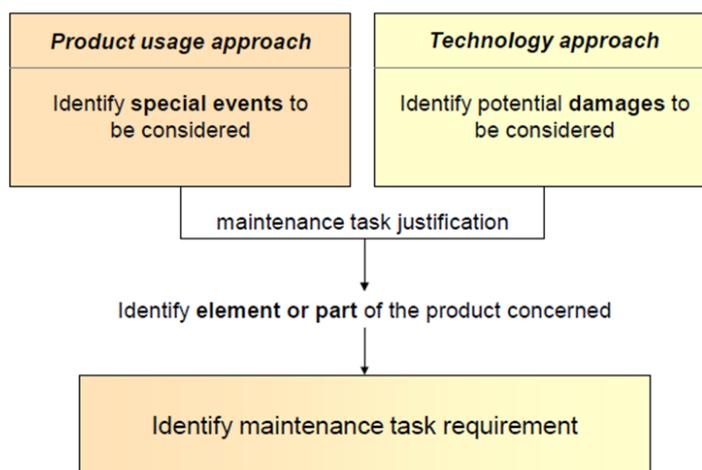


Figura 27 Flow chart relativo alla DSE Analysis

#### 1. Identificazione degli eventi speciali

Si identificano gli eventi speciali che possono interessare un prodotto sulla base di un'analisi dell'utilizzo dello stesso. In particolare, si ricercano le cause di tali eventi durante ogni fase della vita del prodotto. Tale processo è basato su 5 step:

- Creazione di una lista delle possibili cause che possono produrre un determinato evento. Tali cause possono essere esterne (fenomeni naturali, legate all'ambiente operativo o alle condizioni di trasporto) o interne (legate al superamento delle normali condizioni di utilizzo o a malfunzionamenti interni).
- Identificazione di ogni fase dell'utilizzo del prodotto (molto semplicemente per un velivolo possono aversi decollo, volo e atterraggio).

- Identificare univocamente gli eventi speciali che possono verificarsi e legarli alle giuste cause.
- Analizzare ogni evento per ottenere la probabilità che si verifichi. In alcuni casi ci si può servire di un approccio quantitativo basandosi su dati relativi a prodotti simili. Quando tali informazioni non sono disponibili si adatterà un approccio qualitativo. A tal proposito si faccia riferimento alla *Tabella 17*.

*Tabella 17 Livello di probabilità di verifica di un evento*

<b>Livello</b>	<b>Probabilità</b>	<b>Descrizione</b>
1	Estremamente improbabile	Un evento speciale la cui probabilità di verificarsi è essenzialmente nulla
2	Poco probabile	Evento speciale che si verifica raramente
3	Occasionale	Evento speciale che può verificarsi con una certa frequenza
4	Probabile	Evento speciale che può verificarsi abbastanza frequentemente
5	Frequente	Evento speciale che si verifica quasi certamente durante la vita operativa

- Categorizzazione degli eventi speciali sulla base della frequenza con cui si verificano. A seconda del livello assegnato l'evento sarà ulteriormente approfondito fino alla definizione delle task manutentive da intraprendere.

## **2. Identificazione dei danni possibili**

Questa fase dell'analisi mira alla valutazione del comportamento del prodotto nei confronti dei danni che possono seguire determinati eventi speciali. L'esperienza ha mostrato come la tecnologia impiegata può essere più o meno sensibile al verificarsi di danni. Si procede quindi alla valutazione delle tecnologie utilizzate nei differenti item del prodotto, analizzandole secondo due fattori:

- Grado di conoscenza della tecnologia usata. Si faccia riferimento alla *Tabella 18* per un approccio qualitativo:

Tabella 18 Classificazione del grado di conoscenza di una tecnologia

Livello	Grado conoscenza tecnologia	Descrizione
1	Ben conosciuta	Tecnologia utilizzata in molti progetti simili
2	Conosciuta	Tecnologia utilizzata in progetti simili, ma modificata per il prodotto in esame
3	Nuova	Tecnologia di nuova concezione su cui sono disponibili pochi feedback

- Valutazione della sensibilità al danno delle tecnologie utilizzate. Per ogni tecnologia individuata al punto precedente si identificano i possibili tipi di danni che possono verificarsi (ad esempio fenomeni di corrosione su parti metalliche). Anche in questo caso si può adottare un approccio qualitativo per la valutazione della sensibilità al danneggiamento di una data tecnologia.

Tabella 19 Classificazione del grado di sensibilità al danno di una tecnologia

Livello	Grado di sensibilità	Descrizione
1	Estremamente basso	Tecnologia molto poco interessata al verificarsi di danni
2	Basso	Tecnologia poco interessata al verificarsi di danni
3	Medio	Tecnologia interessata limitatamente al verificarsi di danni
4	Alto	Tecnologia interessata al verificarsi di danni
5	Estremamente alto	Tecnologia quasi sicuramente interessata al verificarsi di danni

- Individuazione delle tecnologie più critiche per ulteriori analisi. Si può combinare il grado di conoscenza della tecnologia con il livello di sensibilità al danneggiamento.

### 3. **Definizione della parte del prodotto interessata dal danneggiamento o dall'evento speciale**

Questa fase mira all'identificazione degli item maggiormente soggetti a danneggiamento. Si sviluppa nei seguenti step:

- Identificazione degli item interessati da uno specifico evento speciale servendosi del *Breakdown* del prodotto.
- Selezionare gli item più critici sulla base della tecnologia impiegata.

- Per ogni item individuato ai punti precedenti, analizzare l'area di installazione per valutare l'esposizione a differenti minacce (ad esempio gli item relativi al *landing gear* sono facilmente soggetti a fenomeni di corrosione o usura).
- Sulla base dei risultati ottenuti, decidere quali item necessitano di analisi più approfondite.

#### 4. *Criticality analysis*

Per rendere più facile l'individuazione degli eventi speciali e dei danni più significativi, è opportuno considerare i risultati di una *criticality analysis*. Per ogni item potenzialmente danneggiabile si valuta la criticità in termini di impatto sull'intero prodotto. Alcuni dei fattori da tenere in considerazione sono: riduzione del livello di *safety* e riduzione della disponibilità del prodotto.

#### 5. *Identificazione delle task manutentive*

I passi precedenti hanno portato all'individuazione degli item più significativi dal punto di vista degli eventi speciali o della possibilità del verificarsi di danni durante la vita operativa. In quest'ultima fase si identificano le attività manutentive necessarie a porre rimedio a tali eventi. In particolare occorre specificare: task necessari all'individuazione e localizzazione del danno (ispezione o test non distruttivi); attività necessarie a recuperare la piena funzionalità dell'elemento (sostituzione dell'elemento o riparazione).

I risultati della *DSE analysis* andranno opportunamente inseriti nel database relativo all'LSA. È opportuno riportare il codice identificativo dell'elemento, la descrizione dell'evento speciale con relativa frequenza con cui si verifica, la descrizione della tecnologia e del danno unitamente ai risultati della *criticality analysis* ed ai task manutentivi individuati.

##### 8.4.3.5 SCHEDULED MAINTENANCE ANALYSIS

La manutenzione preventiva ad intervalli periodici è essenziale per ottenere dei livelli costanti di *safety*, mantenere la disponibilità del prodotto e raggiungere una gestione economica vantaggiosa della fase operativa. Le capacità integrate di BIT del prodotto, così come la raccolta di dati sullo stato di salute dei sistemi possono minimizzare, ma, ad oggi, non escludere del tutto la necessità di manutenzione schedulata. L'individuazione dei requisiti di manutenzione preventiva (PMTR) è effettuata con metodologie proprie della S4000P con la valutazione di opportuni intervalli di intervento. Tali requisiti devono essere opportunamente consolidati prima di essere inseriti nel database LSA. Infatti è necessario allocare tali requisiti in appositi task packages in modo da condensare e ridurre il carico di lavoro relativo alla manutenzione. Lo sviluppo dei PMTR è basato su due approcci differenti:

- *System Analysis*:  
Si prendono in considerazione i sistemi del prodotto sulla base del *Breakdown* effettuato, includendo equipaggiamenti ed item. Può essere utile servirsi dei risultati di una FMECA.
- *Structure Analysis*:  
Si analizzano gli elementi strutturali del prodotto, considerando i risultati di prove di fatica, parametri che descrivano il deterioramento ambientale o danni accidentali da impatto.

Sulla base dei PMTR individuati si possono selezionare vari tipi di intervalli tra gli interventi manutentivi.

- *Limite Perform Once (PO)*:  
Un task soddisfacente un certo PMTR che deve essere svolto una volta sola utilizza un limite di questo tipo.
- *Intervalli periodici (PE)*:  
Un task che deve essere svolto ripetutamente ad intervalli regolari durante la vita operativa del prodotto.

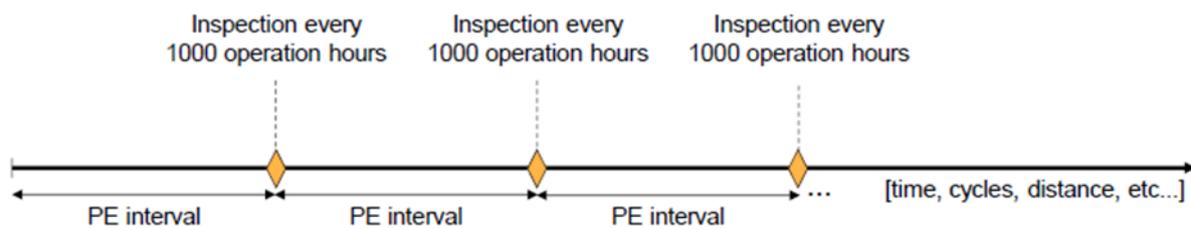


Figura 28 Definizione di intervalli periodici

- *Combinazione di limite PO ed intervalli periodici*:  
Si tratta di una combinazione molto comune, ad esempio per elementi strutturali. Essenzialmente si opera fissando un limite PO, svolgendo il task associato a tale limite ed entrando quindi nel campo degli intervalli periodici.

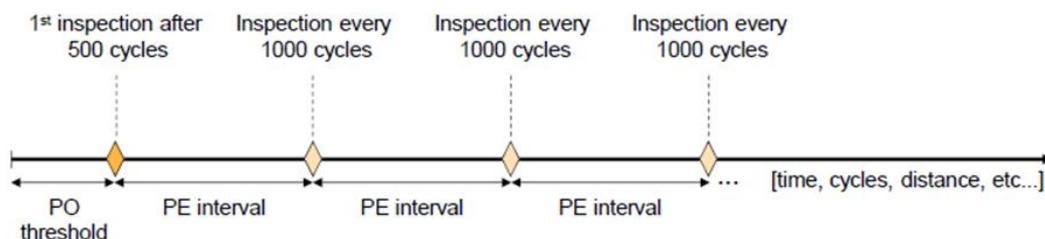


Figura 29 Combinazione di limiti PO ed intervalli periodici

- *Eventi trigger*:  
Un ulteriore approccio alla definizione degli intervalli si serve dell'inclusione di eventi scatenanti che segnino il passaggio da una durata all'altra, o quello da un task manutentivo ad un altro.

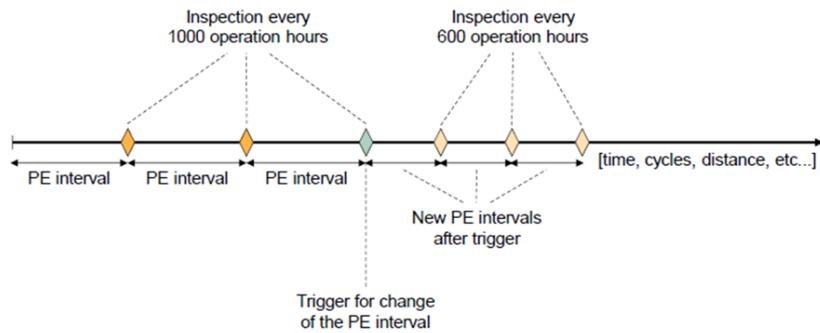


Figura 30 Utilizzo di trigger events

- Più PE in parallelo:  
Si possono definire intervalli periodici di tipo diverso in parallelo. Ad esempio si può fissare un intervallo temporale ed uno basato sulla distanza coperta. L'intervallo da utilizzare per lo svolgimento dei task sarà quello che sarà raggiunto per primo.

Una volta individuati i vari PMTR con i relativi intervalli si procede alla realizzazione del packaging. Le regole per il suo svolgimento devono essere stabilite congiuntamente tra il Produttore ed il Cliente. È comunque essenziale che sia determinata la durata dell'intervallo principale che caratterizzerà ciascun package. Tale intervallo master può essere basato su parametri d'uso del prodotto (numero di cicli o ore di volo), su parametri temporali o su una combinazione dei due tipi di parametri. Si consideri che la selezione di intervalli puramente temporali non tiene conto dell'intensità d'utilizzo variabile del prodotto. È evidente che ogni PMTR facente parte di un dato package sarà caratterizzato da intervalli di durata differente per cui sarà necessario adattare le loro durate a quella dell'intervallo master.

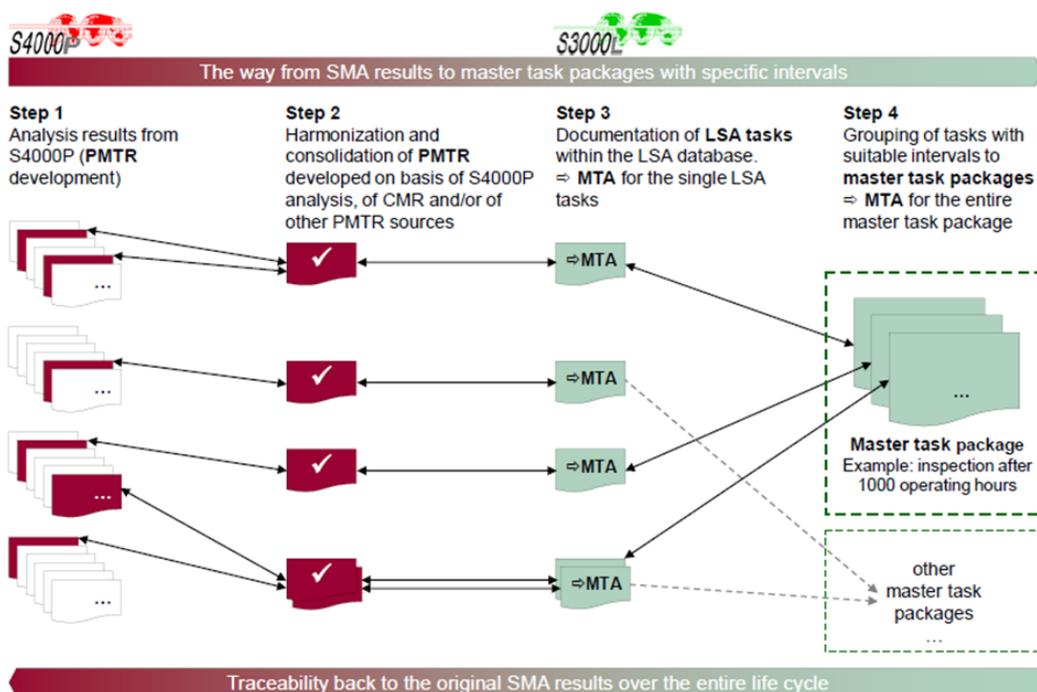


Figura 31 Creazione dei task packages

Il processo che porta all'allocazione dei PMTR nei vari package non può prescindere dai seguenti fattori:

- Un generico PMTR può essere pertinente a più package, ovvero a più intervalli master.
- Un PMTR può avere differenti tipi di intervalli o diversi valori numerici, per cui si rendono necessari dei fattori di conversione per l'allocazione al giusto intervallo master.
- Un certo PMTR può richiedere addestramento specifico del personale.
- Un certo PMTR può richiedere specifico equipaggiamento di supporto.
- Un certo PMTR può richiedere una specifica infrastruttura.

Inoltre, una volta generati i package, è opportuno procedere ad un attento studio dei task che devono essere svolti (*Maintenance Task Analysis* – MTA) tenendo in considerazione l'interdipendenza tra determinati task ed il risparmio in termini di tempo derivante dallo svolgere certe attività di manutenzione in una specifica sequenza senza ripetere azioni quali la rimozione di pannelli d'accesso.

In ogni caso, le conseguenze relative all'adattamento degli intervalli dei vari PMTR all'intervallo master sono:

- Un'estensione dell'intervallo che si traduce in una riduzione dei costi, ma un aumento del rischio.
- Una riduzione dell'intervallo che abbassa il rischio, ma aumenta i costi.

Nella maggior parte dei casi l'allocazione dei PMTR nei package comporta proprio un'estensione o una riduzione dell'intervallo dei task. Le regole per lo svolgimento di tale processo devono essere stabilite dalle parti interessate, tenendo comunque conto del fatto che task relativi alla *safety* o con intervalli vincolati da normative possono soltanto essere ridotti.

Una volta completata la costruzione dei task package si completa l'analisi effettuando una MTA relativa all'intero package. Si verifica infatti che le attività da svolgere per un dato package non corrispondono ai singoli PMTR individuati, ma è necessario un processo di armonizzazione che ottimizzi l'impiego di equipaggiamento di supporto e del personale. Si potranno quindi svolgere più task in parallelo riducendo i tempi dedicati alla manutenzione.

Nel database devono essere inseriti i PMTR definiti associandoli ai relativi item candidati e deve essere possibile ricondurre un task schedulata in un certo package al PMTR che la ha generata.

#### 8.4.3.6 LEVEL OF REPAIR ANALYSIS

La LORA mira all'ottimizzazione della strategia manutentiva, giungendo alla selezione degli item che andranno riparati e quelli che dovranno invece essere sostituiti, seguendo una linea guida concordata con il cliente.

La decisione sul riparare o meno un item deve essere effettuata sia sulla base di fattori economici, costo della riparazione contro quello della sostituzione, sia su fattori quali la *Reliability* e la disponibilità del prodotto. Andranno inoltre considerati eventuali vincoli relativi alla manutenibilità e la necessità di equipaggiamento di supporto e personale specializzato per lo svolgimento di

determinati task. È evidente che i risultati di tale analisi influiranno sui task manutentivi che dovranno essere svolti. Lo svolgimento di una LORA si configura quindi come un'operazione di bilanciamento tra fattori tecnici ed economici, non potendo prescindere da considerazioni sul *Life Cycle Cost*. Si basa essenzialmente su due step:

- Determinare se l'item in analisi deve essere riparato o sostituito:  
La selezione di un item candidato ad essere sottoposto ad una LORA deve essere basata sulla CIL ottenuta nelle prime fasi dell'LSA. In particolare, si dovrà stabilire se un dato candidato è convenientemente riparabile sulla base di considerazioni di carattere ingegneristico o sull'utilizzo di modelli matematici che tengano conto dei costi in gioco. Inoltre, si dovranno tenere in considerazione vincoli aggiuntivi imposti dal cliente come l'esclusione di determinati item dalla lista dei riparabili a causa di condizioni di rischio o pericolo, vincoli contrattuali ed infrastrutture esistenti. Si procederà quindi alla scrematura degli item presenti nella CIL stabilendo quali di essi sono effettivamente riparabili e quali andranno sostituiti. La giustificazione della decisione deve essere attentamente documentata.
  
- Identificare il “*Maintenance Level*” ottimale relativo ad un certo task manutentivo:  
In output dallo step precedente si ottiene una lista dei rimanenti candidati alla LORA. Questi candidati sono quindi gli item potenzialmente riparabili per i quali, attraverso l'analisi, si dovrà stabilire una soluzione manutentiva ottimizzata sulla base di fattori economici e dei requisiti di disponibilità del prodotto. La suddivisione in *Maintenance Level* deve essere opportunamente tarata per lo specifico progetto. Un esempio può essere la seguente suddivisione in tre livelli:
  - Livello 1: l'obiettivo di tale livello è assicurare che il prodotto rimanga disponibile, basandosi in molti casi su una rapida sostituzione dei moduli.
  - Livello 2: l'obiettivo di tale livello è mantenere il più alto grado di *Availability* possibile. A tal fine include attività di manutenzione correttiva e preventiva a livello dei moduli interessati direttamente sul prodotto (esso non sarà disponibile durante la riparazione) o in una struttura apposita. Saranno inoltre svolte operazioni di test per verificare che l'item considerato torni ad operare come richiesto dopo la riparazione.
  - Livello 3: l'obiettivo del livello più alto è di garantire la massima disponibilità del prodotto, fornendo contemporaneamente supporto ingegneristico. Tutte i task svolti mirano ad un miglioramento del design prevedendo modifiche sia ai componenti che al software.

Perché sia possibile effettuare una decisione consapevole per ogni item è necessaria una grande quantità di dati. Alcuni di essi riguardano le parti di ricambio e le infrastrutture disponibili, così come l'equipaggiamento di supporto necessario alla diagnosi e per effettuare la riparazione ed il Personale a disposizione. Molto importante per la selezione degli item candidati alla LORA è che sia disponibile una scomposizione gerarchica del prodotto negli item costituenti unitamente al costo di ciascuno di essi. Ulteriori dati parecchio rilevanti riguardano la *Reliability* con parametri quali l'MTBF o l'MTBUR di ciascun item, la durata dei task ed il *Logistic Down Time*, ovvero il tempo di attesa per l'ottenimento delle risorse necessarie. È inoltre auspicabile che siano raccolti anche i costi relativi ai task manutentivi, includendo il costo dell'addestramento del personale, il tempo di lavoro con

componenti e consumabili necessari. Queste ultime informazioni non sempre sono disponibili nelle prime fasi di progetto per cui può essere utile servirsi di dati relativi a prodotti simili, andando comunque a eseguire nuovamente la *Level of Repair Analysis* durante la vita operativa del prodotto in modo da verificare la bontà della strategia manutentiva implementata.

A seguito della raccolta dei dati, l'analisi vera e propria può essere completata. Essa si articola in una prima run da cui si otterrà un primo *set* di risultati relativamente ai costi di ciascun *maintenance level* ed in una successiva analisi di sensibilità nei confronti di vari parametri significativi dal punto di vista dei costi. Quest'ultima è effettuata facendo variare fattori quali il costo del componente o l'MTBF all'interno di un range opportunamente fissato e verificando la stabilità della strategia implementata. L'output definitivo della *Level of Repair Analysis* è un report contenente una breve descrizione del sistema in analisi, le fonti dei dati utilizzati ed eventuale lista delle approssimazioni impiegate per quelli non disponibili, la lista degli input utilizzati, i risultati della prima run con annessa analisi di sensibilità e soluzione manutentiva raccomandata. Le decisioni prese a seguito della LORA per ciascun candidato dovranno essere incluse nel database LSA unitamente ai task da svolgere.

#### 8.4.3.7 MAINTENANCE TASK ANALYSIS

Tale analisi costituisce il passo definitivo che porta all'organizzazione dei task manutentivi che andranno svolti. Il primo step è costituito dalla scomposizione del generico task in una serie di subtask elementari in modo da poter rappresentare schematicamente attività anche parecchio complesse e comprendenti un numero elevato di passi. Infatti, in campo aeronautico non è raro che un certo task manutentivo sia composto da centinaia di subtask ciascuno dei quali può eventualmente richiedere un determinato equipaggiamento e del personale adeguatamente addestrato. Tutti questi fattori vanno adeguatamente considerati unitamente ad eventuali pre e post condizioni che consentono di completare una data attività.

Si è soliti distinguere tra due tipi di task:

- *Supporting task*: attività che prese singolarmente non sono in grado di correggere gli effetti di un dato evento come un failure o un danno. Rientrano in tale categoria task quali procedure di test, task per ottenere l'accesso a determinati item, assemblaggi/disassemblaggi.
- *Rectifying task*: attività svolta con l'obiettivo di porre rimedio ad un evento particolare come un failure o un danno o per rispondere al raggiungimento della scadenza di un intervallo di manutenzione schedulata.

In ogni caso è fondamentale fornire una giustificazione per qualunque task identificata all'interno del piano di manutenzione. È infatti evidente come ciascuna attività richieda un certo carico di lavoro e comporti un certo costo. Si faccia riferimento alla *Figura 32* per comprendere la formulazione di tali giustificazioni in relazione alle cause scatenanti.

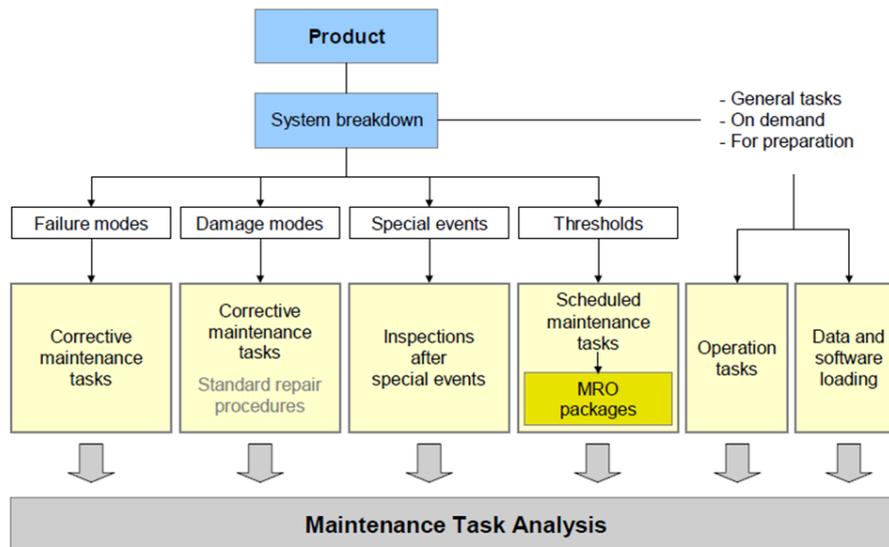


Figura 32 Correlazione causa scatenante - task manutentiva

Allo scopo di rendere più semplice ed univoca l'identificazione di un task, si è soliti introdurre una nomenclatura codificata costruita ad esempio sulla specifica S1000D. È fortemente raccomandato l'utilizzo della stessa codifica sia per il database LSA che per la pubblicazione di documentazione tecnica. Molto importante è poi il considerare la scomposizione del prodotto ottenuta con il *Breakdown*. È infatti possibile approcciare il problema della pianificazione dei task manutentivi sia guardando all'insieme che ai singoli componenti. Nel primo caso si opererà la riparazione dell'intero assieme lavorando su determinate parti, mentre nel secondo si andrà ad intervenire direttamente a livello dei singoli item candidati. Sarà ad esempio possibile correggere un *failure* sostituendo un intero equipaggiamento o riparandolo sostituendo soltanto determinate parti o moduli. Nella realtà dei fatti la situazione è più complicata di così dovendo considerare i risultati della LORA, distinguendo quindi tra item da sostituire da quelli riparabili senza tralasciare il relativo *maintenance level*. Tutto ciò influenzerà enormemente la pianificazione logistica, dovendo organizzare attentamente il rifornimento dei magazzini considerando i tempi necessari alle riparazioni. In particolare, è possibile distinguere tra vari tipi di item riparabili. A tal proposito si faccia riferimento alla seguente *Tabella 20*:

Tabella 20 Classificazione dei componenti in base alla riparabilità

Tipo di componente	Descrizione
Non riparabile	Un item che non sarà riparato ad alcun maintenance level a causa di fattori tecnici od economici. Prevedendo la sostituzione, è necessario assicurare la presenza di ricambi in magazzino
Riparabile a livello del Produttore/Fornitore	Un item che può essere riparato, ma direttamente dal produttore. Tipicamente soltanto le modalità di sostituzione saranno dettagliate nel database LSA.
Riparabile a livello del Cliente – magazzino	Un item che può essere riparato dall’user, ma utilizzando determinate infrastrutture. Nel database si descrivono sia le attività di riparazione che quelle di sostituzione.
Riparabile a livello del Cliente – sito delle operazioni	Un item che può essere riparato dall’user direttamente nel sito delle operazioni. Nel database si descrivono sia le attività di riparazione che quelle di sostituzione.

La realizzazione della struttura dei task prevede la costruzione preliminare di un database di *task modules* di base con le quali sarà possibile pianificare i task di supporto. In genere si raccomanda di non inserire nei diagrammi di flusso relativi ai task di supporto i moduli indicativi delle pre-condizioni da soddisfare.

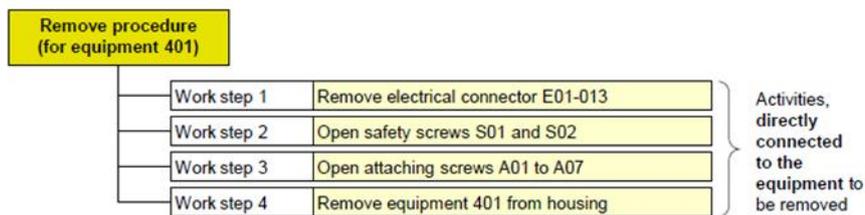


Figura 33 Struttura di una Support task

Si potrà quindi procedere alla realizzazione dei *rectifying task*, articolati in vari *subtask*. Considerando varie attività di riparazione è evidente che una stessa *subtask* sarà inserita in più di una di esse. È però opportuno descrivere nel dettaglio una *subtask* soltanto la prima volta che viene inserita in un *flow chart*. Va poi considerato che se le operazioni di assemblaggio e disassemblaggio rimangono sempre uguali, quelle di installazione cambieranno a seconda della posizione del prodotto.

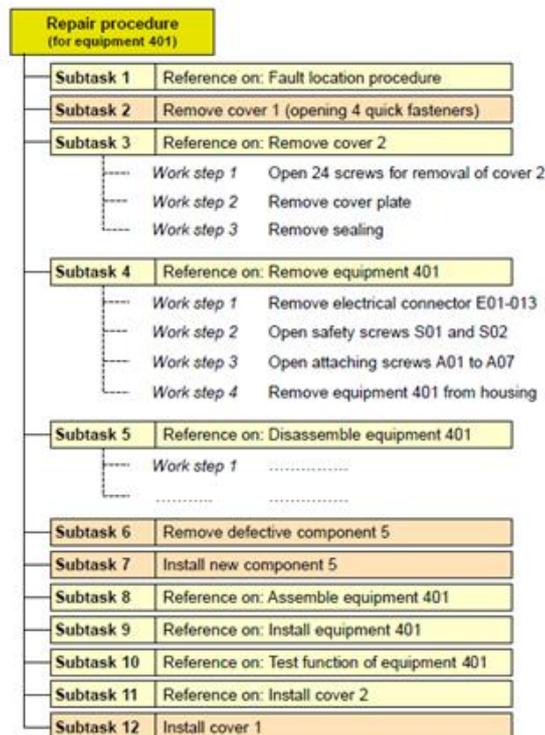


Figura 34 Struttura di una Rectifying task

Altro fattore molto importante da riportare è la frequenza con cui devono essere svolti i *rectifying task*. Ciò è di grande interesse soprattutto per la pianificazione delle risorse necessarie durante l'intero periodo di servizio. La frequenza di una certa attività è direttamente correlata alla frequenza con cui si verifica l'evento scatenante per cui soltanto in alcuni casi si potrà giungere ad una valutazione certa, mentre in molti casi ci si dovrà affidare a valutazioni statistiche.

Il database relativo all'LSA deve poi contenere tutte le risorse e gli equipaggiamenti necessari allo svolgimento di un certo task, unitamente alle infrastrutture da impiegare. Altre importanti informazioni riguardano la disponibilità del prodotto durante la fase manutentiva. Si distingue tra:

- Prodotto non disponibile durante la manutenzione:  
il prodotto non può essere usato durante una procedura di riparazione o di ispezione. È il caso tipico della rimozione di un item difettoso con successiva reinstallazione dopo la riparazione.
- Prodotto disponibile durante la manutenzione con capacità ridotte:  
il prodotto può essere utilizzato durante un task manutentivo, ma non è garantito il solito livello di performance.
- Prodotto totalmente disponibile durante la manutenzione:  
il prodotto può essere utilizzato durante una procedura o un'ispezione.

Infine, è utile dare una stima della durata dei task manutentivi includendo i *Logistic Delay Times*, ovvero i tempi di attesa per materiale o personale o per la non disponibilità di equipaggiamento. Nell'occuparsi di task molto complesse bisogna fare molta attenzione alla pianificazione di *subtask* parallele considerando anche gli equipaggiamenti da utilizzare per il loro svolgimento.

#### 8.4.3.8 OBSOLESCENCE MANAGEMENT

L'obsolescenza si verifica a causa della lunga durata della vita operativa di un prodotto. È un fenomeno che non colpisce soltanto i componenti hardware, ma anche l'equipaggiamento di supporto, il software, i processi e gli standard utilizzati. Può verificarsi per varie ragioni:

- La vita utile degli item che compongono il prodotto si riduce, soprattutto nei componenti elettronici.
- Forze di mercato che portano alla non disponibilità di determinati item o componenti.
- Modifica della legislazione in campo ambientale che può rendere inutilizzabili determinate sostanze chimiche o materiali.
- La variazione dei costi di specifici componenti che rende non più conveniente il supporto.

La velocità del progresso tecnologico unita alla lunga vita operativa di un prodotto aeronautico rende praticamente inevitabile il dover gestire l'obsolescenza, mitigando opportunamente i suoi effetti. È però chiaro che tale mitigazione porta ad un aumento dei costi man mano che procede l'invecchiamento del prodotto e del supporto. È quindi importante che l'obsolescenza sia tenuta in debita considerazione fin dalle prime fasi della progettazione divenendo una voce importante del LCC. L'analisi dell'obsolescenza è strettamente correlata all'LSA andando proprio ad impattare sulla Supportabilità del prodotto.

È possibile gestire l'obsolescenza seguendo due differenti strategie:

- **Gestione reattiva dell'obsolescenza:** implica che non ci sia un piano specifico per risolvere problemi di obsolescenza, per cui si opererà soltanto quando essi si manifesteranno. I costi saranno essere coperti sottraendo risorse ad altri task, o sfruttando nuovi fondi. In particolare, si può scegliere di modificare il progetto, trovare fornitori alternativi o non intervenire in alcun modo favorendo la transizione a nuovi programmi. Quest'ultima scelta è valida nella misura in cui la strategia reattiva è basata sullo sfruttamento di item con un deterioramento molto lento.
- **Gestione proattiva dell'obsolescenza:** in questo caso è necessaria la pianificazione dell'ottenimento di risorse specifiche per contrastare i fenomeni di obsolescenza prima che questi si verifichino. Ci sarà quindi un certo budget dedicato a far fronte a tale voce di spesa. L'attività su cui è basata tale strategia è l'*Obsolescence Monitoring* che permette di avere il tempo necessario a pianificare attentamente una soluzione. Si potrà ad esempio programmare l'introduzione di upgrades del prodotto in modo da risolvere più problemi contemporaneamente.

Può inoltre essere utilizzato una combinazione degli approcci presentati. Ciò si rivela appropriato quando si ha un gran numero di componenti alcuni dei quali poco interessati dall'obsolescenza. Per questi ultimi si adotterà un approccio reattivo, mentre per quelli a più alto rischio si implementerà un piano di intervento proattivo. In ogni caso i parametri più importanti nella scelta sono i costi, la probabilità che un dato item sia interessato da obsolescenza e l'impatto sulla disponibilità del prodotto.

La gestione dell'obsolescenza comporta la produzione di un documento (*OM plan*) comprendente le strategie da implementare durante la vita del prodotto. È conveniente che sia sviluppato nelle prime fasi della progettazione e successivamente revisionato con il procedere dello sviluppo. Questo porta ad una maturazione della strategia man mano che le scelte progettuali vengono delineate. L'obiettivo di tale documento è raggiungere il miglior compromesso tra LCC, prestazioni, disponibilità e manutenibilità dell'intero prodotto. I suoi contenuti spaziano dall'identificazione dei problemi di obsolescenza del prodotto alla descrizione delle strategie adottate. Andranno inoltre elencate le varie opzioni individuate e fornire una spiegazione relativa alla scelta finale effettuata.

#### **8.4.4 In Service Data Analysis: LSA durante la vita operativa**

La *In Service Data Analysis* si configura come uno strumento volto a calcolare l'affidabilità in servizio degli equipaggiamenti installati a bordo dei velivoli con lo scopo di monitorarne e migliorarne le performance in termini di RAMS e di tempi e costi di riparazione. Lo svolgimento dell'LSA durante le fasi iniziali del progetto e l'inizio della sua vita operativa porta infatti allo sviluppo di una strategia di supporto completa e in grado di rispettare i requisiti di operatività e sostenibilità. Per ottenere però un supporto ottimizzato è necessario monitorare sia le prestazioni del prodotto che dell'impianto manutentivo implementato durante la vita operativa. Dopo l'entrata in servizio del prodotto devono quindi essere raccolti dati per lo svolgimento delle analisi, i cui risultati guideranno la modifica e l'affinamento della strategia di supporto logistico tenendo anche conto dell'eventuale variazione dei requisiti e delle necessità da soddisfare. In definitiva lo svolgimento della *In Service LSA* deve mirare ad assicurare:

- Il rispetto dei requisiti imposti incluse eventuali variazioni;
- Il rispetto di modifiche alla legislazione.

Le analisi svolte prima dell'entrata in servizio devono assicurare la corretta definizione di tutte le risorse necessarie ad un efficiente supporto del prodotto. Il monitoraggio dei dati durante il servizio permette proprio di valutare la costo-efficienza dell'utilizzo di tali risorse e, in caso di insufficienze di tipo tecnico od economico, implementare le dovute modifiche. Tali modifiche devono mirare a:

- Migliorare la Disponibilità del prodotto;
- Migliorare ed armonizzare l'uso delle risorse;
- Migliorare il prodotto stesso consigliando l'inserimento di determinate modifiche;
- Ridurre i costi del Supporto Logistico.

Da un processo ISDA derivano quindi vantaggi sia per il produttore che per l'utente: il primo conoscerà meglio l'utilizzo del prodotto in modo da anticipare problemi di carattere logistico e migliorare l'efficacia delle soluzioni; il secondo avrà a disposizione un prodotto caratterizzato da una Supportabilità sempre maggiore.

Le modalità di implementazione del feedback e dello scambio delle informazioni sono trattate esaurientemente nella S5000F.

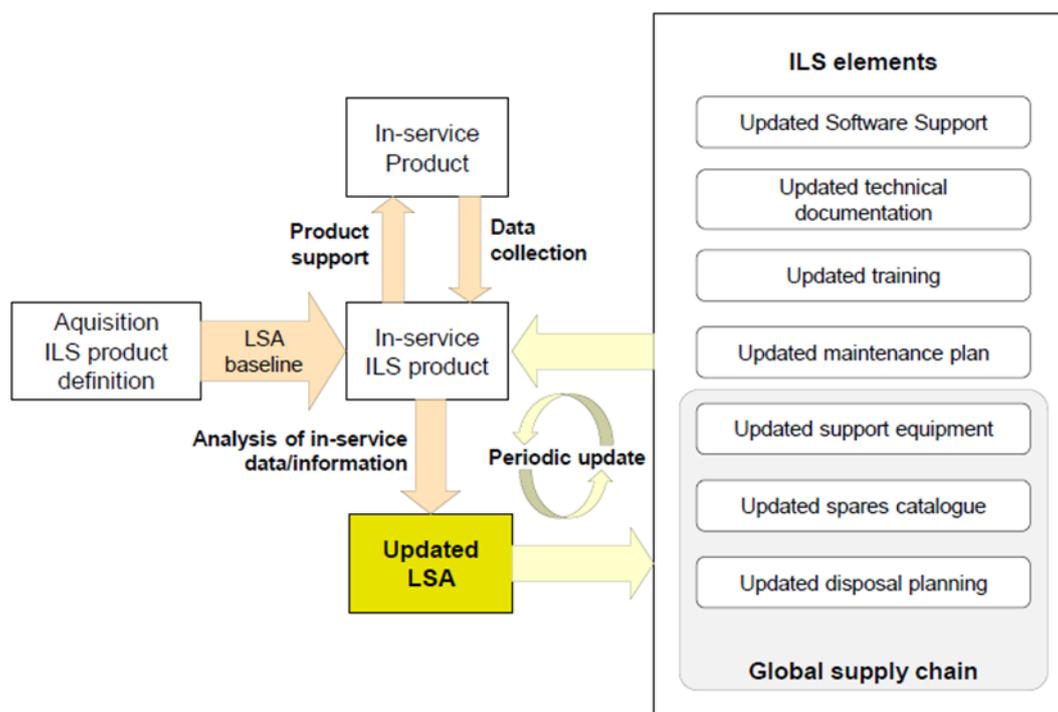


Figura 35 In service LSA

La revisione delle risorse e delle attività necessarie al supporto del prodotto può essere imposta da:

- Discrepanza tra risultati ottenuti e risultati attesi dalle analisi
- Introduzione di modifiche al prodotto volute dal Cliente o imposte da regolamenti
- Ottimizzazione sia del prodotto che del supporto sulla base dei feedback.

Si passano in rassegna le attività necessarie a produrre gli update attesi dallo svolgimento delle analisi dell'LSA durante la vita operativa.

- FMEA:
  - Analizzare i prodotti dell'ILS ed i corrispondenti dati in servizio che possono influire sui risultati dell'FMEA.
  - Analizzare le differenze tra i risultati dell'FMEA svolta in servizio e quelli ottenuti nella prima iterazione.
  - Studiare le differenze individuate e valutare l'introduzione di modifiche alle azioni correttive.
  - Effettuare l'update dei task manutentivi correttivi per il successivo svolgimento dell'MTA.
- *Damage and Special Event Analysis*
  - Analizzare i dati di utilizzo per determinare se si è verificato qualche evento speciale non individuato nella prima iterazione.

- Verificare se i nuovi eventi speciali possono verificarsi nuovamente e sottoporli ad analisi approfondita.
  - Utilizzare i dati ottenuti in servizio per verificare la correttezza del livello di sensibilità al danno delle tecnologie impiegate.
  - Verificare che tutte le cause di danno siano state considerate.
  - Effettuare l'update delle task manutentive per la successiva MTA.
- *Scheduled Maintenance Analysis (SMA)*
- Verificare l'efficacia degli interventi manutentivi schedulati in precedenza.
  - Revisionare gli eventi trigger e gli intervalli per tutti gli item interessati allo scopo di ottimizzare la frequenza di esecuzione degli interventi. Ad esempio, è importante non programmare interventi senza che si sia prodotto un deterioramento significativo dell'item in analisi.
  - Utilizzare i dati raccolti in servizio per valutare l'efficacia dei task definiti, in modo da introdurre eventuali modifiche da completare nella *task analysis* successiva.
- *Level Of Repair Analysis (LORA)*
- Utilizzare i dati raccolti in servizio per valutare se i tempi e i costi di sostituzione e riparazione degli item sono sostenibili.
  - Giudicare, sulla base degli stessi dati, se la decisione riparare/sostituire deve essere modificata.
- *Maintenance Task Analysis (MTA)*
- Utilizzare i risultati della In Service LSA per verificare la validità del piano manutentivo realizzato.
  - Considerare eventuali problemi o inefficienze delle attività manutentive individuate dall' user.
  - Considerare cambiamenti alla legislazione o all'ambiente operativo.
  - Modificare le task manutentive ottenute in output dalla FMEA ed SMA svolte in servizio.
  - Revisionare le procedure, le risorse e gli equipaggiamenti necessari allo svolgimento dei task.
- *Obsolescence Analysis*
- Analizzare i dati raccolti in servizio relativi agli item maggiormente a rischio obsolescenza.
  - Utilizzare tali dati per revisionare la strategia di gestione dell'obsolescenza.
  - Monitorare i componenti per identificare quelli maggiormente a rischio ed inserire in lista tutti quelli identificati durante la vita operativa.

## 9 BIBLIOGRAFIA/SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

- *ASD SX000i – International guide for the use of the S-Series Integrated Logistic Support (ILS) specifications*
- *ASD S3000L – International procedure specification for Logistic Support Analysis*
- *ASD S5000F – International specification for In Service data feedback*
- *Military Standard MIL-2155 – Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System*
- *Military Standard MIL-1629A – Procedures for performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*
- *Military Standard MIL-785B – Reliability Program for Systems and Equipment*