

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ  
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΑ LOGISTICS

## ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Διαδικασίες Ολοκληρωμένης Υποστήριξης Logistics (ILS) στις  
Ένοπλες Δυνάμεις



Επιβλέπων : Καθηγητής Δεδούσης Βασίλειος

Μεταπτυχιακός Φοιτητής : Παναγιωταράς Γεώργιος

### **Δήλωση του συγγραφέα**

Ο υπογεγραμμένος Γεώργιος Παναγιωταράς του Κωνσταντίνου και της Παναγούλας, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία με θέμα: << Διαδικασίες Ολοκληρωμένης Υποστήριξης Logistics (ILS) στις Ένοπλες Δυνάμεις>> είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών από το Πανεπιστήμιο Πειραιά με ειδίκευση στα Logistics.

Δηλώνω επίσης ότι στην εργασία δεν έχουν συμπεριληφθεί με οποιαδήποτε μορφή διαβαθμισμένες πληροφορίες εμπορικού ή στρατιωτικού ενδιαφέροντος. Το σύνολο του μη πρωτοτύπου υλικού προέρχεται από βιβλία της βιβλιοθήκης του Πανεπιστημίου Πειραιά, από Διεθνή βιβλιογραφία από ελεύθερα sites του διαδικτύου και από λοιπές πηγές όπως αναλυτικά περιγράφονται στην βιβλιογραφία.

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2014

Γεώργιος Παναγιωταράς

## **Βεβαίωση της Εξεταστικής Επιτροπής**

Οι παρακάτω υπογεγραμμένοι αποτελούντες την εξεταστική επιτροπή που ορίστηκε από τον Διευθυντή του ΜΠΣ βεβαιώνουμε ότι η παρούσα μελέτη με θέμα: << **Διαδικασίες Ολοκληρωμένης Υποστήριξης Logistics ILS στις Ένοπλες Δυνάμεις**>>. Παρουσιάστηκε την..... από τον μεταπτυχιακό φοιτητή Γεώργιο Παναγιωταρά ο οποίος και ολοκλήρωσε τις σπουδές του στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα << **Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων**>> με ειδίκευση στα <<Logistics>>

Η επιτροπή:

.....  
.....  
.....

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Βαδίζοντας προς την ολοκλήρωση του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Logistics, και έχοντας συναίσθηση των δημιουργικών ετών που παρήλθαν τόσο στο επαγγελματικό όσο και στο εκπαιδευτικό αντικείμενο, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του προγράμματος καθώς και την γραμματεία σπουδών για την παροχή και υλοποίηση του εκπαιδευτικού προγράμματος. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Κο Δεδούση Βασίλειο και τον Κο Ιωάννη Βώσσο αναπληρωτή Γενικού Διευθυντή Γενικής Διευθύνσεως της ΕΑΒ, με τους οποίους συνεργαστήκαμε για την υλοποίηση της εργασίας, την υπομονή που υπέδειξαν και το άριστο πνεύμα συνεργασίας.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Κωνσταντίνο και Παναγούλα πρώτον γιατί με έφεραν στον κόσμο και με γαλούχησαν με αρχές και δεύτερον για την παρότρυνση της μητέρας μου να εγγραφώ στο τμήμα ΜΠΣ logistics ύστερα από δική μου ανασφάλεια να ανταποκριθώ στις απαιτήσεις του προγράμματος λόγω πολύ υψηλών επαγγελματικών υποχρεώσεων λέγοντας μου την φράση: <<Τους τολμηρούς η τύχη βοηθά>>.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την γυναίκα μου Αθηνά η οποία ανατρέφοντας των τριών μηνών γιο μας Κωνσταντίνο έδειξε ενδιαφέρον για την ολοκλήρωση των σπουδών μου, έκανε υπομονή συνεισφέροντας στην οικογενειακή ευτυχία και ηρεμία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κόστος λειτουργίας και υποστήριξης ενός αμυντικού συστήματος, κατά την διάρκεια της χρονικής περιόδου που επιλέγουμε να το αξιοποιούμε επιχειρησιακά, αποτελεί σε ορισμένες περιπτώσεις έως και το 80% του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του. Οι Ένοπλες Δυνάμεις, αγωνίζονται να επιτύχουν την πολυπόθητη διαθεσιμότητα των συστημάτων τους η οποία εξαρτάται εν μέρει από την συνεργασία των τμημάτων συντήρησης και εφοδιασμού και κατά βάση από την επίτευξη των ποσοτικών στόχων του αρχικού σχεδιασμού που σχετίζεται με την μέθοδο συντήρησης και την αξιοπιστία.

Ο συντονισμός όλων αυτών των ενεργειών που ξεκινούν από την αρχική φάση σύλληψης ιδέας δημιουργίας μέχρι την τελική απόσυρση του συστήματος, ονομάζεται : Ολοκληρωμένες Διαδικασίες Υποστήριξης Logistics (Integrated Logistic Support) στις Ένοπλες Δυνάμεις με απώτερο στόχο να καλύπτονται με επιτυχία οι ανάγκες του συστήματος κατά την επιχειρησιακή φάση.

Η παρούσα μελέτη βασίζεται κατά κύριο λόγο στην απλοποίηση παρουσίασης προτύπων που έχουν αναπτυχθεί από τις Ένοπλες Δυνάμεις των Η.Π.Α. για το σκοπό αυτό. Η Ελλάδα μπορεί να μην είναι χώρα παραγωγής σπουδαίων και τεχνολογικά εξελιγμένων οπλικών συστημάτων, όμως αναγκάζεται από τις περιστάσεις να προμηθεύεται σε τακτά χρονικά διαστήματα οπλικά συστήματα από χώρες της αλλοδαπής. Η χρησιμότητα της παρούσης μελέτης, έγκυται στο γεγονός ότι μπορεί να συμβάλλει στην επιλογή του καλύτερου οπλικού συστήματος για την χώρα μας με κριτήρια καθαρά αντικειμενικά και ποσοτικά μετρήσιμα σε σχέση πάντα με τους διαθέσιμους τωρινούς και μελλοντικούς πόρους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### **Εισαγωγή** σελ. 1 & 2

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Ολοκληρωμένη Υποστήριξη Logistics (σελ. 3 έως 20)**

01.01 Οι τρεις φάσεις των Logistics .....	(σελ.4)
01.02 Οι κύριοι στόχοι του ILS.....	(σελ.7)
01.03 Διαδικασία Ανάλυσης ενός συστήματος.....	(σελ. 8)
01.04 Κριτήρια Σχεδιαστικής φιλοσοφίας.....	(σελ.10)
01.05 Διαδικασία Ανάπτυξης ενός συστήματος ILS.....	(σελ.11)
01.06 Εφοδιαστική Υποστήριξη .....	(σελ.13)
01.07 Ομάδα ανάπτυξης του ILS.....	(σελ.15)
01.08 Λογισμικό Υποστήριξης.....	(σελ.17)
01.09 Κατηγορίες Προγραμμάτων ILS.....	(σελ.19)

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> :Κόστος Κύκλου Ζωής Αμυντικού Συστήματος (σελ.21 έως 33)**

02.01 Ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής – Life Cycle Cost (LCC) .....	(σελ.23)
02.02 Οι φάσεις του κύκλου ζωής ενός συστήματος.....	(σελ.27)
02.03 Υπολογισμός Κόστους Κύκλου Ζωής.....	(σελ.30)

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Logistic Support Analysis (LSA) (σελ.34 έως 81)**

03.01 Ανάλυση της Εφοδιαστικής Υποστήριξης.....	(σελ.34)
03.02 Στόχοι της διαδικασίας LSA.....	(σελ.35)
03.03 Ανάλυση Ενοτήτων Εφοδιαστικής Υποστήριξης.....	(σελ.37)
03.04 Οι κυριότεροι Μέθοδοι Ανάλυσης.....	(σελ.43)
03.04.02 Ανάλυση Δένδρου Βλαβών.....	(σελ.44)
03.04.03 Ανάλυση Εργασιών Συντήρησης – Maintenance Task Analysis (MTA).....	(σελ.49)
03.04.04 Ανάλυση Επιπέδου Επισκευής – Level of Repair Analysis (LORA).....	(σελ.50)
03.04.05 Ανάλυση Καταστάσεων Επιδράσεων και κρισιμότητας βλαβών – Failure Mode Effects Criticality Analysis (FMECA).....	(σελ.60)
03.04.06 Μήτρα Κρισιμότητας – Criticality Matrix (CM).....	(σελ.79)

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : Διαχείριση της Διαμόρφωσης Configuration Management (σελ. 82 έως 92)**

04.01 Διαχείριση της Διαμόρφωσης.....	(σελ.82)
04.02 Πλεονεκτήματα Configuration Management, Διαχείριση Κινδύνου, Επίδραση κόστους.....	(σελ.90)

04.03 Πληροφορίες Προϊόντος.....(σελ.91)

04.04 Δομή Σχεδίου Προϊόντος.....(σελ.92)

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : Διοίκηση του ILS (σελ 93 – 100)**

05.01 Logistic Management.....(σελ.93)

05.02 ILS Program Management.....(σελ.94)

05.03 Program Management Tools.....(σελ.96)

05.04 Department of Defense (DoD) Programs.....(σελ.98)

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : Αποτελέσματα Εφαρμογής Προγραμμάτων ILS – Προοπτικές στην Ελλάδα (σελ. 101 έως 105).**

06.01 Αποτελέσματα – Πλεονεκτήματα Εφαρμογής.....(σελ.101)

06.02 Προοπτικές Υποδομές Όραμα.....(σελ.104)

**ΠΗΓΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (σελ 106)**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ <<Α>>: Ανάλυση Αξιοπιστίας.....(σελ 107 έως 111)**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ <<Β>>: Πρότυπα τυποποίησης.....(σελ 112 έως 115)**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη – λειτουργία και υποστήριξη των οπλικών συστημάτων είναι ένα θέμα που απασχολεί όλες τις Ένοπλες Δυνάμεις των χωρών του κόσμου. Στην σημερινή εποχή όπου οι διαθέσιμοι πόροι των αμυντικών δαπανών συνεχώς συρρικνώνονται, υπάρχει επιτακτική ανάγκη αφενός δημιουργίας συστημάτων με το ελάχιστο δυνατόν κόστος παραγωγής και λειτουργίας και αφετέρου υψηλού επιπέδου ετοιμότητας των υφιστάμενων συστημάτων. Κάτω λοιπόν από το πνεύμα των επιταγών της νέας εποχής, το ζήτημα της ανάπτυξης ενός καινούριου αμυντικού συστήματος (ενός Πολεμικού Πλοίου) με περίοδο υπηρεσιακής λειτουργίας κατ' ελάχιστο είκοσι ετών σε ένα δυναμικά αναπτυσσόμενο τεχνολογικά περιβάλλον, αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση.

Από την άλλη πλευρά οι κατασκευαστές των οπλικών συστημάτων δέχονται αφόρητη πίεση από τους πελάτες τους για την δημιουργία συστημάτων που συνδυάζουν υψηλή διαθεσιμότητα και αξιοπιστία των προϊόντων τους με χαμηλό κόστος προμήθειας και λειτουργίας. Η πίεση αυτή επιτάσσει την συνεχή ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, μέσω των οποίων πετυχαίνετε ο απαιτούμενος στόχος. Δημιουργείται μια νέα αντίληψη στις διαδικασίες σχεδιασμού με σκοπό να συντομευθούν οι χρόνοι σχεδίασης και ανάπτυξης λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις υποστήριξης. Μια τέτοια προσέγγιση επιβάλλεται να έχει δυναμικό χαρακτήρα και να δίνει την δυνατότητα στον χρήστη μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού και παραγωγής του προϊόντος ενσωμάτωσης νεοτερισμών και σχεδιαστικών αναθεωρήσεων (αναβαθμίσεων) που θα βελτίωναν περαιτέρω την αξιοπιστία, το κόστος λειτουργίας και την ασφάλεια υλικού και προσωπικού.

Για το σκοπό αυτό, αναπτύχθηκαν οι ολοκληρωμένες διαδικασίες εφοδιαστικής υποστήριξης (Integrated Logistic Support, ILS) οι οποίες περιλαμβάνουν διάφορα πρότυπα και τυποποιημένες διαδικασίες, μέσω των οποίων δίνεται η δυνατότητα να ενσωματωθούν στοιχεία υποστήριξης στον σχεδιασμό ελαχιστοποιώντας το κόστος του κύκλου ζωής ενός συστήματος και μεγιστοποιώντας την διαθεσιμότητα και αξιοπιστία του. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα δύσκολο εγχείρημα που πρέπει να συνδυάσει την δυναμικότητα πολλών παραγωγικών πόρων. Απαιτεί ιδιαίτερα μεταξύ άλλων άρτια επιστημονικά καταρτισμένο και τεχνικά εξειδικευμένο προσωπικό.

Η παρούσα μελέτη ασχολείται με την περιγραφή και ανάπτυξη των διαδικασιών ILS που πρέπει να βρίσκει εφαρμογή σε κάθε αμυντικό σύστημα



των Ενόπλων Δυνάμεων. Η ανάπτυξη αυτή βασίζεται σε απλοποίηση των διαδικασιών που έχουν αναπτυχθεί στις Ένοπλες Δυνάμεις κρατών με εμπειρία και προϊστορία στο χώρο με πρωταγωνίστρια τις ΗΠΑ η οποία πρώτη ανέπτυξε και εφάρμοσε τις διαδικασίες. Στην Ελλάδα μπορεί να μην υφίσταται διαδικασία ανάπτυξης σχεδιασμού και παραγωγής σημαντικών και σπουδαίων οπλικών συστημάτων, όμως οι Ένοπλες Δυνάμεις της, καλούνται από την μία πλευρά να συντηρήσουν και να καταστήσουν διαθέσιμα πληθώρα οπλικών συστημάτων εισαγομένων από χώρες αλλοδαπής και από την άλλη να συμμετέχουν σε επιτροπές εξοπλισμών προμήθειας νέων οπλικών συστημάτων. Η γνώση και εφαρμογή των διαδικασιών ILS Από τα επιτελεία των Ενόπλων Δυνάμεων, βοηθά στην επιλογή του καταλληλότερου οπλικού συστήματος με γνώμονα την δυνατότητα μελλοντικής εφοδιαστικής υποστήριξης και διαθεσιμότητας με δυναμικά κριτήρια κόστους χρήσης και αξιοπιστίας και όχι μόνο τις επιχειρησιακές δυνατότητες.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται περιληπτική παρουσίαση όλων των βασικών εννοιών - λειτουργιών του ILS, ανάλυσης - ανάπτυξης συστήματος, σχεδιαστικής φιλοσοφίας, της εφοδιαστικής υποστήριξης, και όλων των απαιτούμενων στοιχείων υποστήριξης.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύεται διεξοδικά το κόστος του κύκλου ζωής ενός αμυντικού συστήματος με τις βασικές κατηγορίες του προκειμένου να τεθεί ένα γενικό πλαίσιο της φιλοσοφίας που εφαρμόζεται στην διαχείριση του κόστους κύκλου ζωής και το οποίο δεν είναι αυτονόητο.

Στο κεφάλαιο 3 εμπεριέχονται όλες οι διαδικασίες της ανάλυσης εφοδιαστικής υποστήριξης (Logistic Support Analysis LSA) και των μεθόδων που χρησιμοποιούνται. Αναλύει διεξοδικά το επίπεδο ανάλυσης επισκευών (Level of Repair Analysis, LORA) και την ανάλυση κρισιμότητας των ανταλλακτικών ενός συστήματος με παρουσίαση ανάλυσης μεθοδολογίας συστήματος με πραγματικά δεδομένα.

Στο κεφάλαιο 4 η Διαχείριση της Διαμόρφωσης (Configuration Management). Γίνεται αναφορά στον τρόπο συγκέντρωσης των απαραίτητων στοιχείων και στην δομή του σχεδίου ανάπτυξης διαχείρισης της διαμόρφωσης (Configuration Plan).

Στο κεφάλαιο 5 αναπτύσσονται όλα τα απαιτούμενα εργαλεία της διοίκησης ILS, παρακολούθησης χρονοδιαγράμματος υλοποίησης έργου, μεθοδολογία, τακτικές.

Στο κεφάλαιο 6 αναφέρονται τα αποτελέσματα εφαρμογής προγραμμάτων ILS και οι προοπτικές ανάπτυξής τους στην χώρα μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 01

### ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ LOGISTICS

Αν ρωτήσουμε 100 ανθρώπους να μας πουν τι εννοούμε λέγοντας logistics, είναι πολύ πιθανό να λάβουμε 100 διαφορετικές απαντήσεις. Γιατί; Τα logistics μπορούν να ερμηνευθούν με άπειρους τρόπους. Εξαρτάται από το τι κάνει ο κάθε άνθρωπος, και τι ρόλο (επαγγελματικό) διαδραματίζει στη ζωή. Στη βιομηχανία λιανικών πωλήσεων τα logistics επικεντρώνονται στην αποθήκευση, μεταφορά, picking, διαμετακόμιση κ.α. . Οι αυτοκινητοβιομηχανίες αντιλαμβάνονται τα logistics ως μία ολοκληρωτική διαδικασία που ξεκινά από τον εφοδιασμό πρώτων υλών, συνεχίζει στη διαδικασία παραγωγής για να καταλήξει στο αυτοκίνητο που είναι έτοιμο για πώληση στη θέα του υποψήφιου πελάτη.

Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι logistics είναι μία άμεση παγκοσμίως τυποποιημένη και εφαρμοσμένη διαδικασία που σε κάθε περίπτωση προσπαθεί να συνδυάσει τις πέντε παρακάτω ενέργειες οι οποίες θα μας οδηγήσουν στην επίτευξη του στόχου<sup>1</sup>.

- Καθορισμός της ανάγκης.
- Αναγνώριση των ορίων (minimum, maximum).
- Προκαθορισμός του τελικού αντικειμενικού σκοπού.
- Μετρησιμότητα: (κριτήρια εφικτότητας, μη εφικτότητας).
- Αποτίμηση - Έλεγχος (πριν, κατά τη διάρκεια, μετά).

Όπως συμβαίνει σε όλες τις επιχειρήσεις του κόσμου έτσι και στις ένοπλες δυνάμεις η έννοια των logistics είναι ευρέως διαδεδομένη και επιτελεί τους ίδιους σχεδόν σκοπούς. Μάλιστα η ανάγκη για κατασκευή αμυντικών συστημάτων που συνδυάζουν χαμηλό κόστος (κτήσης και χρήσης) με παράλληλα αυξημένες επιχειρησιακές δυνατότητες για αρκετά χρόνια, οδήγησε στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας ολοκληρωμένης υποστήριξης logistics (ILS) που κατά κύριο λόγο ασχολείται με την ανάλυση μεθοδολογίας υποστηρικτικότητας του κύκλου ζωής του συστήματος. Ξεκινά από την σύλληψη της ιδέας δημιουργίας και φθάνει μέχρι την απόσυρση του συστήματος.

Λέγοντας υποστήριξη εννοούμε τον συνδυασμό όλων εκείνων των προσπαθειών που συνδυάζουν και αναλώνουν πόρους με σκοπό την επιχειρησιακή υποστήριξη του συστήματος και την ετοιμότητά του διαχρονικά. Η έννοια των logistics στις Ένοπλες Δυνάμεις της Ελλάδας εμπεριέχεται σε αυτό που αποκαλούμε Διοικητική Μέριμνα (Δ.Μ.) η οποία συντονίζει όλες τις προσπάθειες υποστήριξης σε

---

<sup>1</sup> INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT HANDBOOK 3<sup>rd</sup> Edition JAMES V. JONES, sole press 2010.

υλικά μέσα, προσωπικό, εγκαταστάσεις και εκπαίδευση αναφορικά με τον εξοπλισμό. Η έννοια της ολοκλήρωσης θα μπορούσε να πούμε ότι είναι η αρμονική συνύπαρξη διαφορετικών οντοτήτων σε ένα (όλο). Συνδυάζοντας λοιπόν όλα τα παραπάνω θα μπορούσαμε να πούμε ότι **ILS είναι ο συντονισμός όλων των ενεργειών που απαιτούνται για την υποστήριξη ενός οπλικού συστήματος.**

Η στρατηγική του ILS ξεκίνησε το 1964 από τις Ένοπλες Δυνάμεις των Η.Π.Α. Ήταν εκείνη η χρονιά που συνειδητοποιήσαν ότι δεν ωφελεί να ασχολούμαστε μόνο για τις μέγιστες εφικτές επιδόσεις ενός συστήματος (π.χ. πόσο γρήγορα πετάει ένα αεροπλάνο, ή πόσους κόμβους πλέει μια φρεγάτα), αλλά να συνδυαστούν οι μέγιστες επιδόσεις με την δυνατότητα τεχνικής υποστήριξης και πόσο θα κοστίζει αυτή η υποστήριξη προϋπολογίζοντας το κόστος. Στη συνέχεια η ανάπτυξη της τεχνολογίας και ιδίως η εφαρμογή νέων τεχνολογιών ηλεκτρονικών συστημάτων που αυξάνουν τις επιχειρησιακές δυνατότητες ενός συστήματος, έκαναν επιτακτική την επέκταση και τροποποίηση της μεθόδου ILS, φθάνοντας στις μέρες μας.

Σήμερα η ολοκληρωμένη υποστήριξη logistics ILS χρησιμοποιείται κυρίως για τη διοίκηση της υποστήριξης στρατιωτικών ή πολιτικών συστημάτων<sup>2</sup>. Με τη μεθοδολογία αυτή, γίνεται πράξη η φιλοσοφία της ολοκλήρωσης στην υποστήριξη logistics. Το ILS δεν επιδιώκει απλά την περιστασιακή αντιμετώπιση των προβλημάτων και την πρόσκαιρη θεραπεία τους, αλλά την αντιμετώπιση της υποστήριξης στο σύνολό της καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός συστήματος.

Ο όρος πλέον του ILS επεκτείνεται στην επιστημονική προσπάθεια που πραγματοποιείται κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός συστήματος με αντικειμενικό σκοπό την ολοκλήρωση των τεχνικών και εφοδιαστικών διαδικασιών ώστε να αριστοποιηθεί η σχέση κόστους και αποτελεσματικότητας κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος<sup>3</sup>. Δηλαδή μέσω της στρατηγικής ILS επιχειρείται να ενσωματωθούν στοιχεία υποστήριξης στη σχεδίαση ενός συστήματος και παράλληλα να σχεδιασθεί και να εξασφαλισθεί η υποστήριξη του συστήματος.

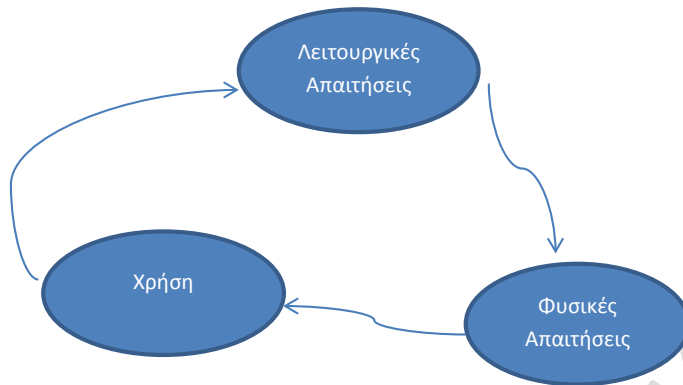
### **01.01 ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΦΑΣΕΙΣ ΤΩΝ LOGISTICS**

Από τη στιγμή που τα Logistics είναι μία διαδεδομένη διεργασία, είναι σκόπιμο να συνεχίσουμε την εργασία μας σε αυτό που καλούμε σύγχρονες διεργασίες Logistics. Γενικά μιλώντας υπάρχουν τρεις βασικές φάσεις ή στάδια στην εφαρμογή των Logistics για έναν δεδομένο εξοπλισμό: Οι λειτουργικές απαιτήσεις, οι φυσικές απαιτήσεις και η χρήση (σχήμα 1).

---

<sup>2</sup> DEF STAN 00-60, Integrated Logistics Support, Ministry of Defense, 18 August 2010

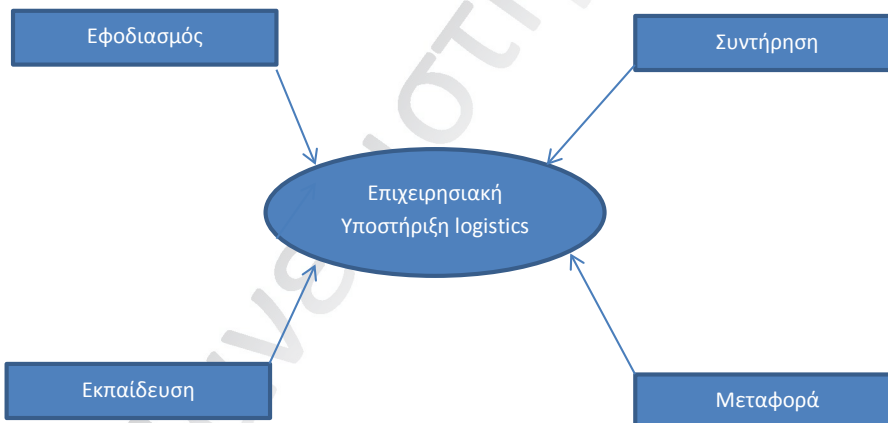
<sup>3</sup> Logistic Engineering and Management, 5<sup>th</sup> edition, Blanchard B.S., Prentice Hall inc.



Σχήμα 1: Στάδια logistics

Φάση χρήσης:

Είναι εύκολο να ξεκινήσουμε την περιγραφή των φάσεων Logistics από τη φάση χρήσης. Όταν το προϊόν χρησιμοποιείται από τον τελικό χρήστη τότε αρχίζει να αναπτύσσεται μία σχέση μεταξύ αγοραστή – πωλητή που επικεντρώνεται κυρίως στις υπηρεσίες της λειτουργίας, συντήρησης, μεταφοράς και εκπαίδευσης που σχετίζονται με τη χρήση του εξοπλισμού από τον πελάτη. (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Ενέργειες επιχειρησιακής υποστήριξης Logistics

Φάση φυσικών απαιτήσεων:

Η φάση των φυσικών απαιτήσεων στον κύκλο των logistics, ξεκινά όταν αρχίζουν να διαμορφώνονται και να εφαρμόζονται οι πρώτες τεχνικές λειτουργίες κατασκευής του συστήματος. Περιλαμβάνει τον εφοδιασμό των απαιτούμενων ανταλλακτικών, την προετοιμασία των τεχνικών εγχειριδίων, τον καθορισμό χρήσης εξειδικευμένου εξοπλισμού καθώς και την διοργάνωση εκπαιδευτικών σεμιναρίων στο εμπλεκόμενο προσωπικό. Πρόκειται για τον συντονισμό πολλών ενεργειών που από μόνη της μία εταιρεία δεν δύναται να φέρει σε πέρας. Για το λόγο αυτό συνεργάζεται με άλλες εταιρείες οι οποίες ασχολούνται με την παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών. Το δύσκολο εγχείρημα της εταιρείας είναι να καταφέρει να συνδυάσει και να συντονίσει όλες τις παραπάνω λειτουργίες στην ώρα τους, και το τελικό προϊόν να είναι το αναμενόμενο ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του πελάτη. Ένα μεγάλο μέρος του ILS ασχολείται με την οργάνωση όλων αυτών των ενεργειών αναπτύσσοντας συγκεκριμένη στρατηγική. Με άλλα λόγια η ανάπτυξη μεθοδολογίας ILS συντελεί στην επίτευξη των σχεδιαστικών στόχων και την ολοκλήρωση των εφοδιαστικών απαιτήσεων σε βαθμό τέτοιο που το αποτέλεσμα να ικανοποιεί τις ανάγκες του πελάτη. Η φάση των φυσικών απαιτήσεων ξεκινά με την έναρξη σχεδιασμού της συσκευής και τελειώνει όταν αυτή παραδοθεί στον πελάτη.

Φάση λειτουργικών απαιτήσεων:

Η Τρίτη και τελευταία φάση (η πρώτη χρονικά), είναι αυτή των λειτουργικών απαιτήσεων, η οποία τα τελευταία χρόνια άρχισε να αναπτύσσεται και να γίνεται αντιληπτή η σπουδαιότητα και η αναγκαιότητα εφαρμογής της. Αρκετά πριν αρχίσει η παραπάνω φάση των φυσικών απαιτήσεων, αρχίζουν να καταγράφονται όλα τα απαραίτητα προ απαιτούμενα μέσα υποστήριξης. Είναι η διαδικασία κατά την οποία καθορίζονται οι στόχοι, οι περιορισμοί, οι απειλές και οι αντικειμενικοί σκοποί του προγράμματος πριν ακόμα ξεκινήσει ο σχεδιασμός του που στοχεύει στην δημιουργία ενός cost – effective συστήματος. Η ιδιαίτερη σημασία της φάσης των λειτουργικών απαιτήσεων άργησε να γίνει αντιληπτή από τον κόσμο των logistics γιατί παραδοσιακά τα logistics ασχολούνταν κυρίως με την φάση των φυσικών απαιτήσεων. Σήμερα οι logisticians συμμετέχουν ενεργά στην ανάπτυξη των απαιτήσεων σχεδιασμού ενός συστήματος προτού ξεκινήσει να δημιουργείται. Οι πληροφορίες που αποκομίζονται κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, χρησιμεύουν ως οδηγό για την ανάπτυξη σχεδιασμού του συστήματος καθορίζοντας τα πλαίσια λειτουργίας. Πρόκειται για θεμελιώδη λειτουργία των logistics όπου το ILS διαδραματίζει σημαντικό ρόλο<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT HANDBOOK 3<sup>rd</sup> Edition JAMES V. JONES, sole press 2010.

### **01.02 Οι κύριοι στόχοι του ILS:**

Το ILS είναι μία δυναμική διαδικασία που βρίσκει εφαρμογή τόσο από την πλευρά των Ενόπλων Δυνάμεων (αγοραστής) όσο και από την πλευρά της κατασκευάστριας εταιρείας. Κάθε μία πλευρά προσπαθεί να πετύχει τους δικούς της στόχους. Ο αγοραστής είναι αυτός που διαθέτει την χρηματοδότηση του προγράμματος και επιδιώκει μεταξύ άλλων:

- Χαμηλό κόστος χρήσης.
- Να επηρεάσει τις σχεδιαστικές αποφάσεις έτσι ώστε να αριστοποιεί την υλικοτεχνική υποστήριξη του συστήματος στο μέλλον.
- Να αναγνωρίσει και να αναπτύξει τους πόρους υποστήριξης ώστε να καλύψει τις ανάγκες με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο.
- Να αναγνωρίσει και να επιτύχει την απόκτηση των καταλληλότερων πόρων υποστήριξης.

Οι πόροι υποστήριξης αποτελούν το μεγαλύτερο κόστος του κύκλου ζωής ενός αμυντικού συστήματος και σίγουρα δεν είναι εμφανές αν δεν προϋπολογισθεί εγκαίρως πριν την απόφαση προμήθειάς του. Υπάρχουν πολλά κρυφά κόστη που μπορούν να εκτινάξουν το συνολικό κόστος και να οδηγήσουν το πρόγραμμα σε δυσάρεστες καταστάσεις. Η ανάλυση του συνολικού κόστους θα ακολουθήσει στο επόμενο κεφάλαιο.

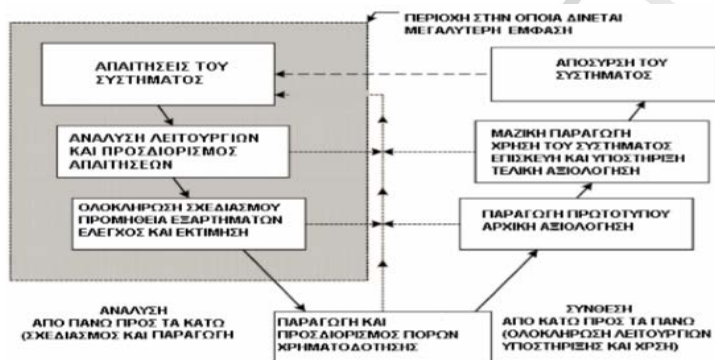
Από την άλλη πλευρά οι στόχοι της κατασκευάστριας εταιρείας είναι συμπληρωματικοί των στόχων του αγοραστή, αλλά όχι ακριβώς ίδιοι. Η εταιρεία αγωνίζεται να πετύχει κέρδος προκειμένου να συνεχίσει να λειτουργεί στον κλάδο. Το κέρδος επιτυγχάνεται από την ανάληψη κύκλου εργασιών όταν η εταιρεία κηρυχθεί μειοδότη μετά από διαδικασίες. Ο κατασκευαστής επίσης επιδιώκει την συνεχόμενη ανάπτυξη των τεχνολογικών του ικανοτήτων προκειμένου να εδραιώσει το μερίδιό του στην αγορά. Τέλος όλα τα παραπάνω μπορούν να πραγματοποιηθούν υπό την προϋπόθεση ότι θα επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί από τον πελάτη.

- Κέρδος.
- Αύξηση εσόδων κύκλου εργασιών.
- Αύξηση των τεχνολογικών δυνατοτήτων.
- Αύξηση του μεριδίου στην αγορά.
- Επίτευξη στόχων πελάτη.

Κάθε πλευρά δύναται να εφαρμόσει στρατηγική ILS. Είναι πολύ σημαντικό όμως κάθε οργανισμός να αντιληφθεί γιατί εφαρμόζεται, και ποιοι είναι οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν μέσω της διαδικασίας.

### 01.03 Η διαδικασία ανάλυσης ενός συστήματος:

Η ανάλυση των αναγκών υποστήριξης ενός συστήματος, καθιστά δυνατόν τον εντοπισμό των παραγόντων που προκαλούν το κόστος της λειτουργίας και υποστήριξης με αποτέλεσμα να δίνει την δυνατότητα για εντοπισμό εναλλακτικών λύσεων που θα οδηγήσουν στη μείωσή του. Με την χρησιμοποίηση στρατηγικής ILS επιτυγχάνεται η μείωση του συνολικού κόστους λειτουργίας και υποστήριξης με παράλληλη αύξηση της διαθεσιμότητας του συστήματος. Πρόκειται για μία διαδικασία που αποσκοπεί στο να προσφέρει φθηνότερη και ευκολότερη υποστήριξη στον τελικό χρήστη. Μια τέτοια προσπάθεια θα πρέπει να στηρίζεται σε μια ανάλυση που να παρέχει την απαραίτητη τεκμηρίωση. Η ανάλυση αυτή αρχίζει από τα αρχικά στάδια σχεδιασμού με τον προσδιορισμό των απαιτήσεων. Το σύστημα αναλύεται σε λειτουργίες που στη συνέχεια συντίθεται σε ένα σύνολο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το αποτέλεσμα να είναι ικανοποιητικό οπότε και τερματίζεται. (σχήμα 3).



Σχήμα 3: Διαδικασία ανάλυσης ενός συστήματος

Κατά τον κύριο σχεδιασμό του συστήματος, γίνεται έλεγχος της συμβατότητας των διαφόρων στοιχείων που αποτελούν το σύστημα και επαληθεύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά προκειμένου να είναι σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές και τις απαιτήσεις που έχουν αρχικά τεθεί. Στη φάση αυτή γίνονται αλλαγές που περιορίζονται στις επιμέρους συσκευές που θα αποτελέσουν το σύστημα, ενώ τα κύρια σχεδιαστικά δεδομένα παραμένουν αναλλοίωτα.

Μέρος της ανάλυσης ενός συστήματος, είναι ο προκαθορισμός των παραμέτρων που θα οδηγήσουν στην επιτυχία του προγράμματος. Το σχήμα 4 αποτυπώνει τη φιλοσοφία τους.



Σχήμα 4: Εύρος αποδεκτών παραμέτρων συστήματος

Για παράδειγμα μία υποχρεωτική παράμετρος είναι για ένα πολεμικό πλοίο ότι πρέπει να πιάνει την ταχύτητα των 32 κόμβων. Η λέξη πρέπει καθορίζει την επιτακτικότητα της απαίτησης. Επιθυμητή παράμετρος είναι αυτή που θα επιδιώξουμε να επιτευχθεί αν είναι δυνατόν. Μία μη επιθυμητή παράμετρος είναι αυτή που θα επιδιώξουμε να μην επιτευχθεί, αλλά αν επιτευχθεί θα γίνει αποδεκτή στην περίπτωση που δεν υπάρχει εναλλακτική λύση. Μη αποδεκτή παράμετρος θα μπορούσε να είναι ένα αποτέλεσμα διαδικασίας το οποίο θα απορριφθεί.

Κάθε σχεδιαστική προσέγγιση της ανάλυσης ενός συστήματος θέτει στόχους αναφορικά με την διαθεσιμότητα του συστήματος, το κόστος χρήσης, το πρόγραμμα συντήρησης, την εφοδιαστική υποστήριξη, την εκπαίδευση προσωπικού, την αξιοπιστία, την τυποποίηση των διαδικασιών και την διαλειτουργικότητα των υποσυστημάτων. Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ότι οι αποφάσεις που θα παρθούν κατά την φάση σχεδιασμού του συστήματος, θα καθορίσουν κατά 70% το κόστος χρήσης κύκλου ζωής του συστήματος. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι αποφάσεις στην φάση σχεδιασμού είναι πολύ σημαντικές.



#### **01.04 Κριτήρια σχεδιαστικής φιλοσοφίας<sup>5</sup>**

Η ομάδα για την επίτευξη του τέλειου σχεδιασμού του συστήματος κινείται μέσα σε ένα πλαίσιο ικανοποιώντας τα παρακάτω κριτήρια.

- Χαμηλό κόστος συντήρησης.
- Ευκολία στη συντήρηση (χαμηλό MTTR).
- Ασφαλές στη συντήρηση ( προστασία ανθρώπινου παράγοντα με παροχή οδηγιών επισκευής, συμβατά υλικά, προστασία από ηλεκτρική εκκένωση, από εκπομπές αερίων, οδηγίες αποσυναρμολόγησης κ.α.).
- Ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων ανθρωποωρών και μεγιστοποίηση χρησιμότητας υπάρχοντος προσωπικού<sup>6</sup>.
- Ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων τεχνολογικού εξοπλισμού.
- Μεγιστοποίηση χρήσης υπαρχόντων εργαλείων και τεχνολογικού εξοπλισμού.
- Γενικά ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων για νέους πόρους.
- Μεγιστοποίηση χρήσης υπαρχουσών εγκαταστάσεων.
- Μέγιστη χρήση τυποποιημένων προϊόντων στο σύστημα.
- Γρήγορη προετοιμασία για μεταφορά (επιλογή κατάλληλης συσκευασίας).

<sup>5</sup> INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT HANDBOOK 3<sup>rd</sup> Edition JAMES V. JONES, sole press 2010

<sup>6</sup> Mean labor hours per operating hour (MLH/OH),

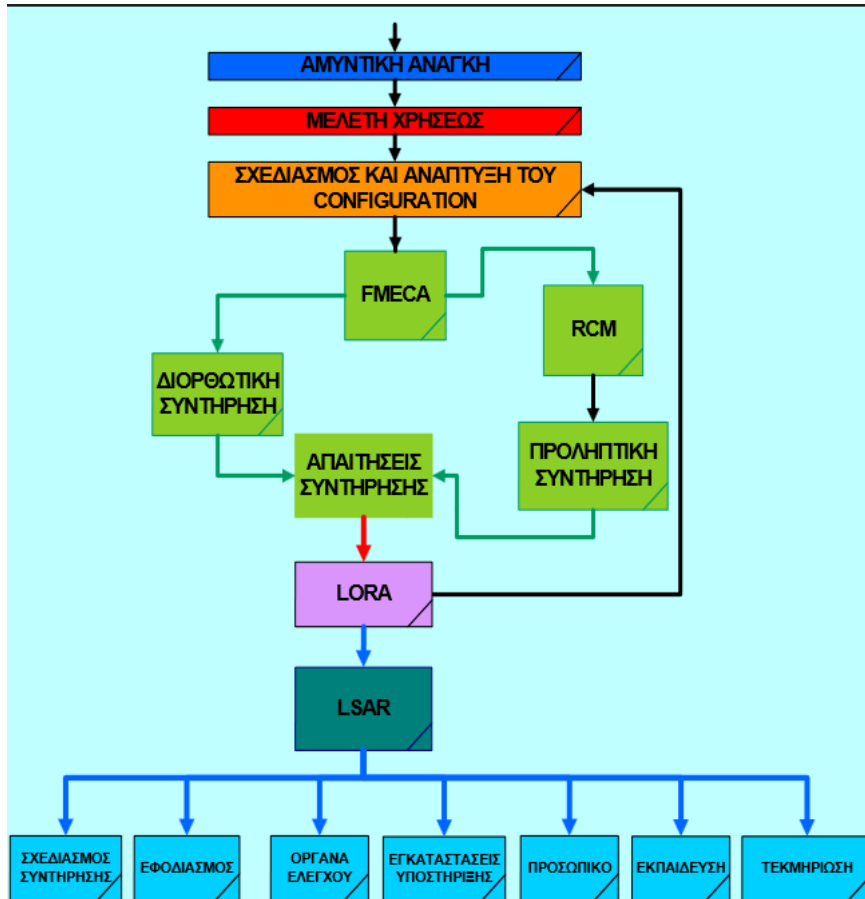
Mean labor hours per maintenance action (MLH/MA) .

$MLH/MA = MTTR \times \text{Average persons required per maintenance action.}$

$MLH/OH = \text{System failure rate} \times MLH/MA.$

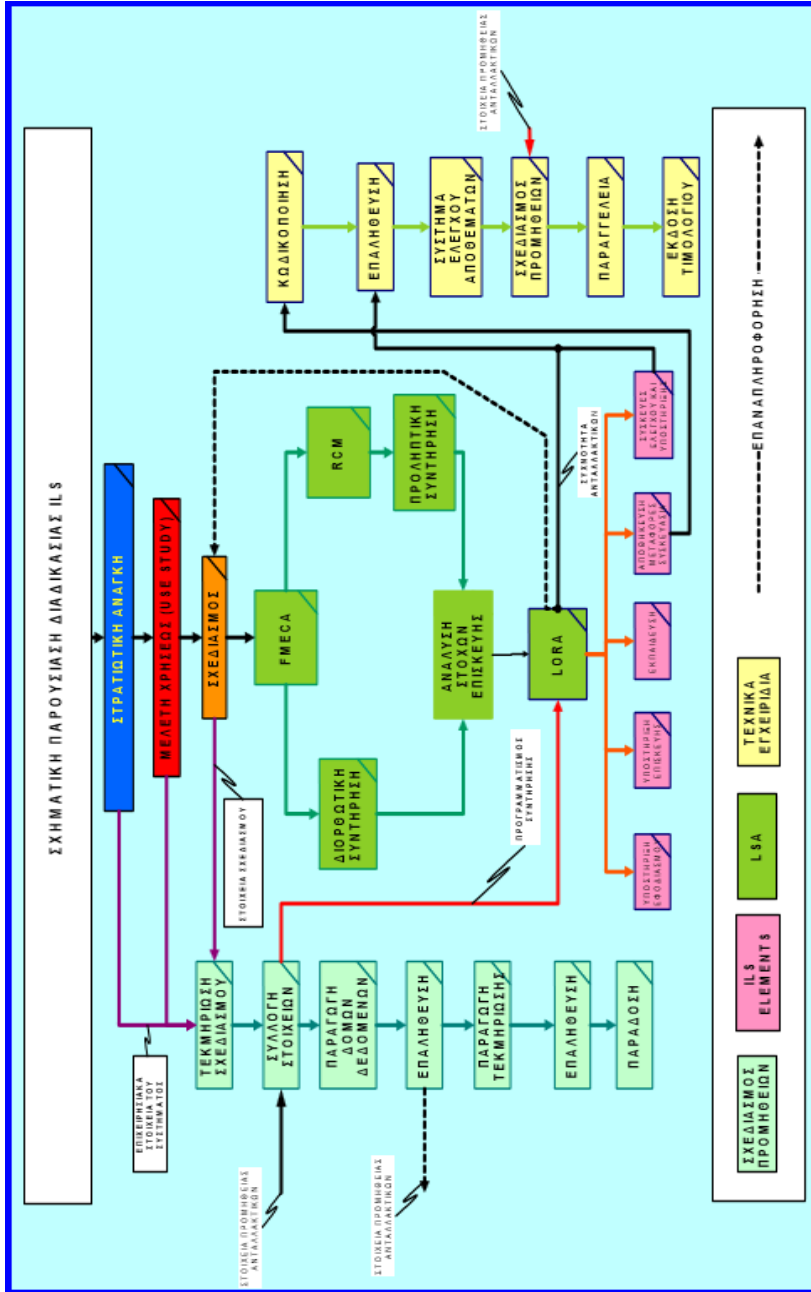
### 01.05 Διαδικασία ανάπτυξης ενός συστήματος ILS

Οι Βρετανικές Ένοπλες Δυνάμεις έχουν αναπτύξει μία ροή διαδικασιών, θέλοντας να σχηματίσουν την διαδικασία ανάπτυξης ενός συστήματος ILS (Σχήμα 5).



Σχήμα 5

Η αρχική φάση περιλαμβάνει όλες τις απαιτούμενες διαδικασίες προκειμένου να αναγνωριστεί η ανάγκη, να καθοριστούν τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος και ο τρόπος χρήσεως του. Στη συνέχεια έχουμε τη φάση σχεδιασμού στην οποία οριστικοποιείται ο σχεδιασμός του configuration του συστήματος. Αμέσως μετά ξεκινά η διαδικασία της ανάλυσης προκειμένου να συγκεντρωθούν τα απαιτούμενα στοιχεία που θα αποτελέσουν το αρχείο στο οποίο θα βασιστεί η ανάπτυξη των στοιχείων υποστήριξης. Τέλος αναπτύσσονται τα στοιχεία υποστήριξης. Πολύ καλή απεικόνιση της συνολικής διαδικασίας ILS βρίσκουμε στην Βρετανική τεχνική προδιαγραφή: DEF STAN 00-60 (Σχήμα 6).

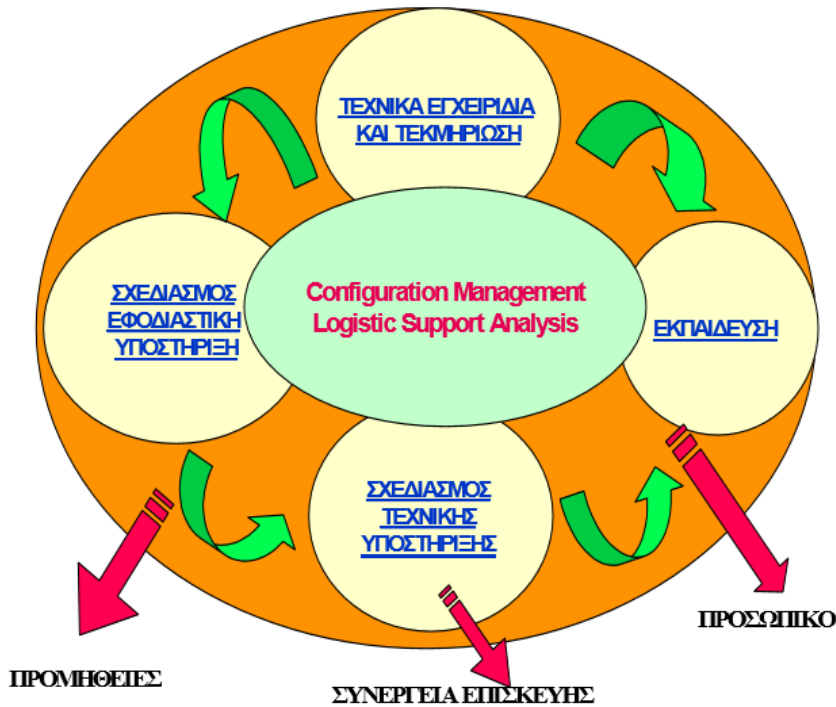


Σχήμα 6 <sup>7</sup>

<sup>7</sup> DEF STAN 00-60: United Kingdom Ministry of Defence standard (ILS) planning & management

### 01.06 Εφοδιαστική υποστήριξη

Η διαδικασία των προμηθειών ξεκινά αμέσως μετά την αναγνώριση της ανάγκης και αναπτύσσεται παράλληλα προκειμένου να ολοκληρωθεί έγκαιρα πριν από την ανάπτυξη του συστήματος, ώστε να επηρεάσει τον σχεδιασμό αν χρειαστεί προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της υποστηριξιμότητας και της ελαχιστοποίησης του κόστους. Παράλληλα με την ανάλυση ξεκινά και η ανάπτυξη της τεκμηρίωσης που απαιτείται και θα αποτελέσει τη βάση για την υποστήριξη στον κύκλο ζωής του συστήματος. από εκεί θα αντληθούν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν για την τεχνική και εφοδιαστική υποστήριξη, όπως π.χ. σχέδια για την εκτέλεση εργασιών συντήρησης και στοιχεία κωδικοποίησης για την παραγγελία των ανταλλακτικών. (Σχήμα 7)



Σχήμα 7

Τα ανταλλακτικά (spare parts) απαιτούνται για να υποστηρίξουμε την προγραμματισμένη και μη προγραμματισμένη συντήρηση. Ο σκοπός του εφοδιασμού αυτών είναι να έχουμε τα απαιτούμενα ανταλλακτικά διαθέσιμα τη χρονική στιγμή και στο χώρο που απαιτούνται, στις απαιτούμενες ποσότητες για να υποστηρίξουμε αποτελεσματικά την διαδικασία της επισκευής. Η εφοδιαστική πολιτική στις μέρες μας καθορίζεται με βάση την ελαχιστοποίηση του κόστους εφοδιασμού και τον προσανατολισμό στη ζήτηση. Αποφεύγεται η αποθεματοποίηση για μελλοντική χρήση.

Στις Ένοπλες Δυνάμεις, τα ανταλλακτικά των συστημάτων χωρίζονται σε 5 βασικές κατηγορίες:

α) Επισκευάσιμα: Ανταλλακτικά τα οποία μπορούν να επισκευαστούν όταν εμφανίσουν βλάβη. Ο διαχωρισμός τους είναι σημαντικός γιατί μας βοηθά να καθορίσουμε ορθά την ποσότητα εφοδιασμού τους σε μία μακρά χρονική περίοδο υποστήριξης του συστήματος. Δεν απαιτείται δηλαδή η αντικατάστασή τους όταν χαλάσουν, αλλά απαιτείται η ένταξή τους σε έναν προκαθορισμένο κύκλο επισκευής με συγκεκριμένη διάρκεια επισκευής που με τη σειρά του απαιτεί προκαθορισμένα επιμέρους ανταλλακτικά με σημαντικά λιγότερο κόστος σε σχέση με την αγορά καινούριου.

β) Μη Επισκευάσιμα: Αυτά τα οποία μόλις εμφανίσουν βλάβη αποσύρονται. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και επισκευάσιμα υλικά για τα οποία όμως η επισκευή τους κρίνεται ασύμφορη από πλευράς κόστους. Απαιτείται οικονομική ανάλυση προκειμένου χαρακτηριστεί ένα επισκευάσιμο υλικό ως μη επισκευάσιμο. Η απόφαση αυτή καθορίζεται μέσω της διαδικασίας LORA (level of repair analysis).

γ) Πρωτεύοντα ανταλλακτικά: μια σημαντική διεργασία της εφοδιαστικής διαδικασίας είναι ο καθορισμός των πρωτευόντων ανταλλακτικών (initial spares) ή φόρτος. Με σκοπό να ελαχιστοποιήσουμε τον χρόνο επισκευής (MTTR) και χρησιμοποιώντας ιστορικά στοιχεία (εμφάνισης βλαβών, ζήτησης, χρόνου παράδοσης) δημιουργούμε ένα απόθεμα από αυτά με σκοπό να μας καλύπτει για ένα το πολύ δύο χρόνια. Πρόκειται για ανταλλακτικά που δεν είναι ιδιαίτερα ακριβά αλλά η αποθεματοποίησή τους αυξάνει δραστικά την ετοιμότητα.

δ) Ανταλλακτικά Προγραμματισμένης Ζήτησης: Ανταλλακτικά που προορίζονται για συσκευές των οποίων η επισκευή είναι προγραμματισμένη και εκτελείται με συγκεκριμένη συχνότητα. Πρόκειται κυρίως για σετ ανταλλακτικών (service kit) τα οποία πρέπει να είναι διαθέσιμα με την έναρξη της επισκευής. Περιλαμβάνει τόσο επισκευάσιμα όσο και μη επισκευάσιμα ανταλλακτικά.

ε) Ανταλλακτικά Αρχικής Επένδυσης: Ανταλλακτικά τα οποία εφοδιάζονται με την αρχική αγορά (αρχική επένδυση) του συστήματος και περιλαμβάνονται στο αρχικό συμβόλαιο προμήθειας μεταξύ Ε.Δ. και κατασκευαστή. Πρόκειται για πολύ ακριβά ανταλλακτικά με μεγάλο χρόνο παράδοσης (άνω των 6 μηνών). Επιδιώκεται η αγορά τους στα πλαίσια της αρχικής επένδυσης για να πετύχουμε καλύτερη τιμή. Ο σκοπός είναι να επενδύσουμε κάποια χρήματα αρχικά για να αποφύγουμε την ανάλωση περισσότερων στο μέλλον.

Μία νέα κατηγορία ανταλλακτικών είναι αυτή των ανταλλακτικών αμέσου αποστολής στον χρήστη (spares pipeline). Στις μέρες μας προκειμένου μηδενιστεί το κόστος αποθήκευσης από πλευράς Ε.Δ. συνάπτονται οι λεγόμενες συμφωνίες πλαίσιο με τον κατασκευαστή για αποκλειστική και άμεση διάθεση ανταλλακτικών όταν απαιτηθούν. Καθορίζεται μία λίστα ανταλλακτικών τα οποία ο προμηθευτής αναλαμβάνει να παρέχει on time. Αφορά και επισκευάσιμα ανταλλακτικά τα οποία θέτει άμεσα σε κύκλο επισκευής όταν του αποσταλούν.

#### Καθορισμός απαιτούμενης ποσότητας

Πολλά ανταλλακτικά δεν χρησιμοποιούνται κατά 1 τεμάχιο στο σύστημα , αλλά επαναλαμβάνονται στην σχεδιαστική δομή του. Κατά συνέπεια καθορίζουμε τον αριθμό αυτών: Quantity per End Item (QPEI). Για να προσδιορίσουμε την απαιτούμενη ποσότητα εφοδιασμού θα πρέπει να γνωρίζουμε τον μέσο χρόνο μεταξύ βλαβών (MTBF)<sup>8</sup>. Οπότε προκύπτει ο παρακάτω τύπος:

$$\text{Recommended Quantity} = \frac{\text{QPEI} \times \text{Number of Systems} \times \text{Operating Hours}}{\text{MTBF}}$$

Ο παραπάνω τύπος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για τον καθορισμό της ποσότητας των: <Πρωτεύοντα Ανταλλακτικά>.

#### 01.07 Η ομάδα ανάπτυξης του ILS

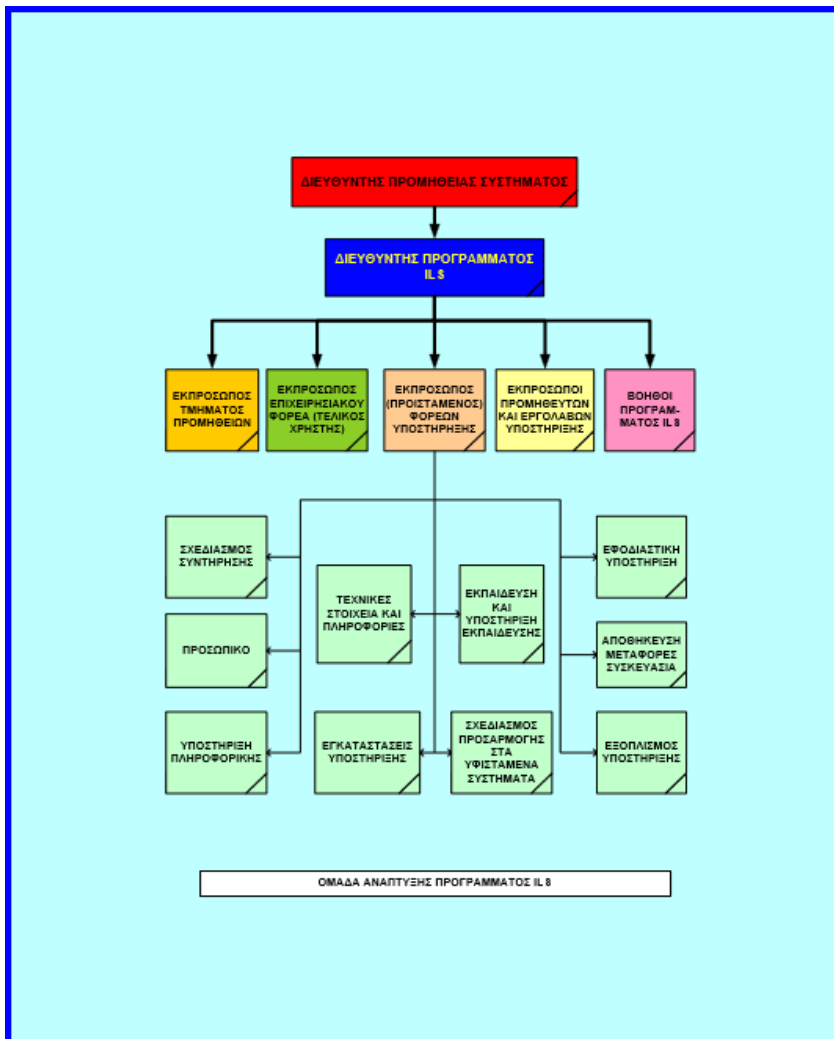
Η συγκρότηση της ομάδας έργου στην οποία θα ανατεθεί η ανάπτυξη του ILS είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχία του όλου εγχειρήματος. Θα πρέπει να αποτελείται από έμπειρο προσωπικό που να προέρχεται από όλους τους τομείς υποστήριξης που θα αναπτυχθούν και θα επιχειρηθεί να συσχετισθούν μεταξύ τους προκειμένου ολοκληρωθούν. Η ομάδα θα πρέπει να συγκροτηθεί όσο το δυνατόν νωρίτερα και στην τυπική σύνθεση θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Διευθυντή προγράμματος
- Ειδικό συνεργάτες – βοηθοί διευθυντή
- Εκπρόσωπο από το τμήμα προμηθειών
- Εκπρόσωπο από τον επιχειρησιακό φορέα που χρησιμοποιεί το υπό ανάπτυξη σύστημα
- Εκπρόσωπό από τον φορέα Διοικητικής Μέριμνας που θα κληθεί να υποστηρίξει μελλοντικά το σύστημα.
- Εκπρόσωπο από τον προμηθευτή.

Οι εκπρόσωποι που ορίζονται μπορεί να είναι ομάδα προσώπων που να συμμετέχουν όλοι μαζί ή κατά περίπτωση στις συνεδριάσεις της ομάδας ανάπτυξης ή ακόμα να αποτελούν υποομάδα που να εκπροσωπείται από ένα άτομο και να εργάζεται παράλληλα αλλά ξεχωριστά από την ομάδα ανάπτυξης. Αυτή η ομάδα βοηθά στην εξεύρεση των κατάλληλων λύσεων που θα μπορούν να υλοποιούνται

<sup>8</sup> ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'

στην υφιστάμενη οργανωτική δομή χωρίς σοβαρά προβλήματα και καθυστερήσεις. (Σχήμα 8)



Σχήμα 8: Ομάδα Ανάπτυξης Προγράμματος ILS<sup>9</sup>

<sup>9</sup> NAVSUP PUB 548 Integrated Logistic Support Supply Handbook.

### 01.08 Λογισμικό υποστήριξης<sup>10</sup>

Όπως έχουμε δει το ILS υποστηρίζει μία πληθώρα διεργασιών αναλύοντας πλήθος δεδομένων. Μία ομάδα ανθρώπων από μόνη της δεν μπορεί να διαχειριστεί αυτό τον τεράστιο όγκο δεδομένων, και αν το κάνει απαιτεί πολύ χρόνο. Κατά συνέπεια όλες οι λειτουργίες του ILS πλαισιώνονται κάτω από ένα αξιόπιστο λογισμικό σύστημα. Στις μέρες προγράμματα υποστήριξης ILS μπορεί κανείς ευκολά να βρει στην αγορά. Το κλειδί όμως ώστε αυτό να αποτελέσει εργαλείο στα χέρια της ομάδας βρίσκεται στην σωστή επιλογή του. Μόνο οι πολύ μεγάλες εταιρείες έχουν από μόνες τους την δυνατότητα να αναπτύξουν και να διαμορφώσουν ένα δικό τους λογισμικό πρόγραμμα υποστήριξης ILS και αυτό γιατί απαιτεί την ύπαρξη πολύ εξειδικευμένου προσωπικού και πολύτιμου χρόνου που στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν υπάρχει. Αυτό το οποίο συνήθως συμβαίνει είναι η εταιρεία να προσλαμβάνει μία άλλη εξειδικευμένη – πιστοποιημένη εταιρεία ανάπτυξης λογισμικού η οποία συνεργάζεται από κοινού με την παραπάνω ομάδα ανάπτυξης του ILS έτσι ώστε να αναπτυχθεί το πολυπόθητο εργαλείο υποστήριξης. Το ίδιο ισχύει επίσης και για τις Ένοπλες Δυνάμεις οι από κοινού με εξειδικευμένες εταιρείες αναπτύσσουν και εφαρμόζουν το δικό τους ERP στο οποίο εμπεριέχονται όλες οι διεργασίες και απαιτούμενες πληροφορίες για την ανάπτυξη του ILS.

Κάθε πρόγραμμα υποστήριξης ILS είναι μοναδικό γιατί μοναδικό είναι και το κατασκευαστικό project. Όμως από κοινού όλα τα προγράμματα πρέπει να ικανοποιούν κάποιες συγκεκριμένους παραμέτρους προκειμένου να στευχθεί με επιτυχία το όλο εγχείρημα. Οι παράμετροι σχεδιασμού εμπεριέχονται στον όρο <υποστηριξιμότητα λογισμικού (software supportability).

**Παράμετροι σχεδιασμού (Design Criteria):** Το λογισμικό πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιεί όλες τις απαιτούμενες λειτουργίες της ομάδας ILS όταν απαιτούνται. Παρέχει στην ομάδα ένα πλήθος εφαρμογών που τη διευκολύνουν στη λήψη αποφάσεων. Προτού όμως επιλεγεί το λογισμικό (software) απαιτείται η επιλογή κατάλληλων συσκευών υποστήριξης (hardware). Εξειδικευμένοι τεχνικοί θα αποφασίσουν τις ελάχιστες λειτουργικές απαιτήσεις του hardware προκειμένου πάνω σε αυτό να εγκατασταθεί με επιτυχία το software.

**Αξιοπιστία (Reliability):** Τόσο το software όσο και το hardware πρέπει να λειτουργούν ιδανικά κάθε φορά που χρησιμοποιούνται. Ανάλογα με το εξωτερικό ερέθισμα που δέχεται το software, απαιτείται να εκτελέσει κάποιες συγκεκριμένες λειτουργίες. Αυτό όσο και να το θεωρούμε δεδομένο, μερικές φορές δεν είναι. Η αξιοπιστία του software με του hardware, δεν είναι το ίδιο πράγμα. Η αξιοπιστία του software βασίζεται στην ικανότητά του να αναγνωρίζει όλους του πιθανούς συνδυασμούς των εξωτερικών ερεθισμάτων των οποίων υπόκειται. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τον σχεδιασμό του έτσι ώστε να αναγνωρίζονται

<sup>10</sup> INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT HANDBOOK 3<sup>rd</sup> Edition JAMES V. JONES, sole press 2010



<κρυφές – μη επιθυμητές> δυσλειτουργίες του λογισμικού, που μπορούν αργότερα να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα.

**Συντηρησιμότητα (Maintainability):** Η ευκολία στη συντήρηση του software είναι δύσκολο να καθορισθεί όπως αυτού του hardware. Παρολαυτά ο σχεδιασμός και η τυποποίηση που έχουν επιλεγεί καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το πόσο εύκολα συντηρήσιμο είναι το λογισμικό. Η τυποποίηση της σημειογραφίας των εντολών και η χρήση σχολίων για να περιγράψουν τις λειτουργίες βοηθούν στην επίτευξη της καλύτερης συντηρησιμότητας.

**Ασφάλεια (safety)<sup>11</sup>:** Ο σχεδιασμός του software πρέπει να λαμβάνει υπόψη του όλους τους πιθανούς κινδύνους που μπορεί να προκληθούν ή μη από την χρήση του μέσω του προεπιλεγμένου συστήματος hardware. Μηχανικοί ασφαλείας, πρέπει να συμμετέχουν κατά τη διάρκεια σχεδιασμού και δοκιμών του λογισμικού προκειμένου να αναγνωρίσουν τις <περιοχές ανησυχίας> να τις αναλύσουν, καθορίζοντας και περιορίζοντας τους πιθανούς κινδύνους.

**Εξοπλισμός υποστήριξης (Support Equipment):** Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την συντήρηση του λογισμικού πρέπει από την αρχή να καθορίζεται, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμος όταν το σύστημα αρχίζει να λειτουργεί.

**Προσωπικό (personnel):** Ο αριθμός του εξειδικευμένου προσωπικού εξαρτάται από τον προβλεπόμενο αριθμό αλλαγών – αναβαθμίσεων που μπορεί να συμβούν κατά την περίοδο λειτουργίας του λογισμικού. Αυτό που θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας είναι οι τεχνολογικές αλλαγές του συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του. Οι μέθοδοι και οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για να δίνουν ζωή στο λογισμικό, μπορεί σε λίγα μόλις χρόνια να θεωρούνται ξεπερασμένοι και αντίστοιχα να μην υπάρχουν διαθέσιμοι εξειδικευμένοι τεχνικοί. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό των ανθρωπίνων πόρων.

**Εκπαίδευση (training):** Η διατήρηση - λειτουργία του λογισμικού απαιτεί ένα καλά εκπαιδευμένο προσωπικό. Συχνά η εκπαίδευση παραβλέπεται. Έλλειψη όμως κατάλληλης εκπαίδευσης, θα έχει αρνητική επίδραση στην υποστήριξη του λογισμικού όταν το σύστημα θα ξεκινήσει να λειτουργεί.

**Εφοδιαστική υποστήριξη (Supply Support):** Ανταλλακτικά που απαιτούνται για την υποστήριξη του λογισμικού και συνήθως τους δίνουμε ελάχιστη σημασία. Μπορεί όμως να δημιουργήσουν πρόβλημα αν δεν καθοριστούν από πριν. Τέτοια είναι δίσκοι, μαγνητικά μέσα, μέσα που σχετίζονται με την ασφάλεια των πληροφοριών κ.α. Τα περισσότερα από αυτά εύκολα βρίσκονται στην αγορά. Παρόλαυτά καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, η μελλοντική διαθεσιμότητα των συγκεκριμένων αντικειμένων για μακρόχρονη περίοδο πρέπει να εξετάζεται.

Το σχήμα 9 που ακολουθεί αποτυπώνει όλα τα παραπάνω

<sup>11</sup> MIL-STD 882B: System Safety program requirements. Department of Defense USA



Σχήμα 9

#### **01.09 Κατηγορίες προγραμμάτων ILS.**

Τα προγράμματα ILS ανακαλύφθηκαν και εφαρμόζονται με μεγάλη συχνότητα στις Ένοπλες Δυνάμεις των Η.Π.Α. και εντάσσονται σε ένα πρόγραμμα προμηθειών που σχετίζεται με το κόστος αγοράς και το εν γένει συνολικό κόστος του κύκλου ζωής του υπό προμήθεια συστήματος. Η διαδικασία όμως που θα ακολουθηθεί, όντας πλήρως εναρμονισμένη με το εφοδιαστικός σύστημα και τα αρχεία στοιχείων που τηρούνται, εξαρτάται από το πρόγραμμα. Τα προγράμματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

Α) Πρωτότυπα αμυντικά συστήματα που αναπτύσσονται από τις Ένοπλες Δυνάμεις οι οποίες συμμετέχουν στον σχεδιασμό και παραλαμβάνουν το σύστημα κατόπιν εγκρίσεώς τους. Το σύστημα προορίζεται για την κάλυψη συγκεκριμένης ανάγκης και είναι αποκλειστικής χρήσεως από αυτές. Παρέχουν δε το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της πρωτοποριακής σχεδίασης με πολλαπλάσια στρατηγικά οφέλη. Τέτοιο πρόγραμμα ήταν για την Ελλάδα τα υποβρύχια τύπου ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗΣ που ακόμα δεν έχει ολοκληρωθεί.

Β) Αμυντικά συστήματα ολοκληρωμένου σχεδιασμού, τα οποία πωλούνται στον υποψήφιο πελάτη με την δυνατότητα μικρής τροποποίησης. Τέτοιο μπορεί να είναι για την Ελλάδα η προμήθεια ενός μαχητικού αεροσκάφους από κατασκευάστρια αλλοδαπής αμυντικής βιομηχανίας.

Γ) Συστήματα που προορίζονται για εμπορική χρήση για τα οποία ενδιαφέρονται και οι Ένοπλες Δυνάμεις. Παραδείγματος χάρη η προμήθεια οχημάτων μεταφοράς προσωπικού που χρησιμοποιούνται παράλληλα και από ιδιωτικές επιχειρήσεις.

Δ) Συστήματα που προϋπάρχουν αλλά καθίσταται επιτακτική η ανάγκη εκτενούς τροποποίησης – αναβάθμισης προκειμένου επεκταθεί το χρονικό όριο ζωής τους και οι επιχειρησιακές τους δυνατότητες. Π.χ. εξυγγχρονισμός μέσου χρόνου ζωής Φρεγατών τύπου 'S' για την Ελλάδα.

Τα συστήματα που αποτελούν την πρώτη κατηγορία, δεν προϋπάρχουν και ο σχεδιασμός τους ξεκινά από λευκό χαρτί. Σε αυτήν την κατηγορία είναι δυνατόν να αναπτυχθούν όλες οι λειτουργίες του ILS καθόσον οι τροποποιήσεις στον σχεδιασμό δεν έχουν κόστος. Σε αυτήν την κατηγορία, το configuration management αναπτύσσεται με την πρόοδο του σχεδιασμού και ολοκληρώνεται με την κατασκευή του συστήματος.

Όσον αφορά την δεύτερη κατηγορία, τα συστήματα έχουν σχεδιαστικά ολοκληρωθεί και μόνο μικρές τροποποιήσεις μπορούν να γίνουν. Στην περίπτωση αυτή το βάρος επικεντρώνεται στην αναγνώριση του configuration και όχι στον έλεγχο του.

Τα συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως εμπορικές εφαρμογές η φιλοσοφία του ILS είναι αρκετά ευκολότερη δεδομένου ότι δεν υπάρχουν αποκλειστικές πηγές εφοδιαστικής υποστήριξης και η προμήθειά τους δεν έχει τους περιορισμούς ενός στρατιωτικού υλικού. Μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν από ομοειδή συστήματα με περιορισμένο κόστος και χρόνο παράδοσης.

Τέλος τα συστήματα που ανήκουν στην τέταρτη κατηγορία, μπορούν να αντιμετωπιστούν όπως αυτά της πρώτης ή της δεύτερης ανάλογα με το επίπεδο και την μορφή του εξυγγχρονισμού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 02

### ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΕΝΟΣ ΑΜΥΝΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η πρόβλεψη του συνολικού κόστους που θα δαπανηθεί κατά τη διάρκεια ζωής ενός συστήματος ή οποιουδήποτε εξοπλισμού εξυπηρετεί πολύ σημαντικό ρόλο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Προσφέρει σημαντική βοήθεια λήψεως αποφάσεων σχετικά με τις διάφορες επιλογές σχεδιασμού, των υποδομών υποστήριξης του συστήματος και όλων των πόρων που απαιτούνται για να λειτουργήσει και να συντηρηθεί το σύστημα. Ο σκοπός της πρόβλεψης του συνολικού κόστους του συστήματος, είναι να καθορίσουμε τις μελλοντικές χρηματοδοτικές απαιτήσεις και υποχρεώσεις προκειμένου να λειτουργήσουμε το σύστημα.

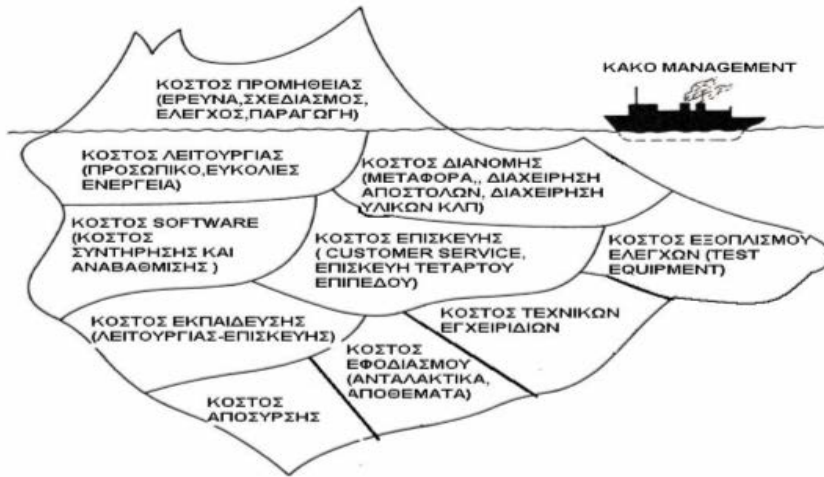
Η χρήση του συνολικού κόστους κύκλου ζωής, επικεντρώνεται κυρίως στο κόστος κατά την περίοδο χρήσης του συστήματος παρά στο κόστος αγοράς του. Καθώς το σύστημα χρησιμοποιείται, προκύπτουν διάφορα κόστη που μπορεί να εκτοξεύσουν το συνολικό κόστος χρήσης (κρυφά κόστη). Πρέπει λοιπόν να αναλυθούν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που συνεισφέρουν στην αύξηση του κόστους και να καθοριστούν πρακτικές που οδηγούν στη συρρίκνωση του κόστους, χωρίς να υποβαθμιστούν οι επιδόσεις και η επιχειρησιακή διαθεσιμότητα του συστήματος.

Στις μέρες μας οι επιχειρήσεις δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην ικανοποίηση του πελάτη. Πέρα από τον αρχικό εντυπωσιασμό που επιχειρείται με την αγορά του συστήματος, ιδιαίτερο βάρος δίδεται στις υπηρεσίες μετά την πώληση του προϊόντος (after sale services) με υπολογισμό παράγοντα την αξιοπιστία και το κόστος. Αστάθητοι παράγοντες σίγουρα θα υπάρξουν. Όμως είναι απαραίτητο τα μεγέθη να γίνουν μετρήσιμα και το αποτέλεσμα προβλέψιμο.

Πολύ σωστά το συνολικό κόστος του κύκλου ζωής (Life Cycle Cost, (LCC)), έχει χαρακτηριστεί ως παγόβουνο. Είναι γνωστό ότι ένα παγόβουνο κρύβει πολλαπλάσιο όγκο υποθαλάσσια σε σχέση με αυτό που εμείς βλέπουμε στην επιφάνεια. Η έλλειψη στρατηγικής ILS μας κάνει να βλέπουμε μόνο την κορυφή του παγόβουνο, δηλαδή μόνο το κόστος αγοράς (έρευνα, σχεδιασμός, έλεγχος, παραγωγή) ενός συστήματος. Όπως θα δούμε όμως και στη συνέχεια το κόστος προμήθειας αποτελεί συνήθως μόνο το 20% του συνολικού κόστους του κύκλου ζωής. Όπως ο θρυλικός Τιτανικός βυθίστηκε από ένα παγόβουνο λόγω κακού υπολογισμού του, έτσι και ένα οπλικό σύστημα κινδυνεύει να αποτύχει λειτουργικά και να καταστεί άχρηστο όταν παραβλέψουμε το LCC.

Στο παρακάτω σχήμα 10 που ακολουθεί, αποτυπώνεται το LCC ως παγόβουνο που υποδιαιρείται σε επιμέρους κόστη<sup>12</sup>.

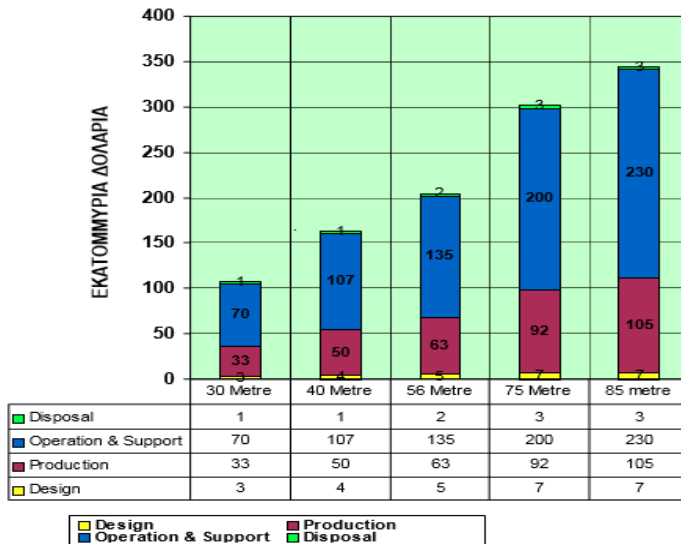
<sup>12</sup> Benjamin Blanchard Logistics Engineering and Management 5<sup>th</sup> edition, Prentice Hall



Σχήμα 10.

Το 75-80% της απορρόφησης του συνολικού κόστους, γίνεται στη φάση της λειτουργίας και της συντήρησης. Μελέτη του κύκλου ζωής πολεμικών πλοίων στη Μεγάλη Βρετανία ανάλογα με τα μέτρα τους επιβεβαιώνουν το παραπάνω αποτέλεσμα (Σχήμα 11).

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΠΟΛΕΜΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 25 ΕΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥΣ



Σχήμα 11.

### **02.01 Ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής (Life Cycle Cost) LCC**

Το κόστος του κύκλου ζωής είναι μία μεθοδολογία πρόβλεψης που χρησιμοποιείται για να καθορίσει το κόστος χρησιμότητας (cost of ownership). Πρόκειται για μία διεργασία που συγκρίνει τα κόστη μεταξύ των διαφόρων επιλογών. Επικεντρώνεται στους παράγοντες και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων επιλογών που ασκούν σημαντική επίδραση στο κόστος χρήσης. Επί της ουσίας δεν ασχολείται με τα κόστη τα οποία δεν επιδέχονται βελτίωσης ή θεωρούνται πάγια. Κατά συνέπεια η διαδικασία του LCC δεν είναι μία χρονοβόρα χρηματοοικονομική ανάλυση κόστους, αλλά χρησιμοποιείται ως πρωτεύον εργαλείο λήψευς αποφάσεων της ομάδας διοίκησης ILS αποτιμώντας τις επιδράσεις των σχεδιαστικών επιλογών στο κόστος χρησιμότητας.

Για παράδειγμα αν το Πολεμικό Ναυτικό θέλει να προβεί στην αγορά μιας νέας φρεγάτας, πέρα από την αξιολόγηση των επιχειρησιακών δυνατοτήτων, θα πρέπει εμπειριστωμένα να <μελετήσει> τα κόστη λειτουργίας (ενέργεια – προσωπικό), επισκευής, τεχνικών εγχειριδίων..... των επιλογών που έχει, επιλέγοντας αυτά τα οποία μπορεί οικονομικά να υποστηρίξει.

Από την άλλη πλευρά εάν η Ελλάδα θέλει να προβεί στην παραγωγή - κατασκευή ολοκληρωμένων οπλικών συστημάτων, θα πρέπει από τη φάση του σχεδιασμού να αναπτύξει τεχνικές που ελαχιστοποιούν όλα εκείνα τα κρυμμένα κόστη του παγόβουλου (σχήμα 10). Εν τέλει τα επιτελεία τα οποία ασκούν σωστή διοίκηση, επιλέγουν ένα οπλικό σύστημα όχι κατά ανάγκη το <καλύτερο>, αλλά εκείνο που προσφέρει το χαμηλότερο LCC σε σχέση με τις επιχειρησιακές δυνατότητες. Η εμπειρία χρησιμότητας συστημάτων όσο πολυσύνθετα και να είναι έχει δείξει ότι (Σχήμα 12)<sup>13</sup>:

A) το κόστος έρευνας και ανάπτυξης καταλαμβάνει έως το 2% του LCC.

B) Το κόστος αρχικής επένδυσης (αγοράς) έως το 12% του LCC.

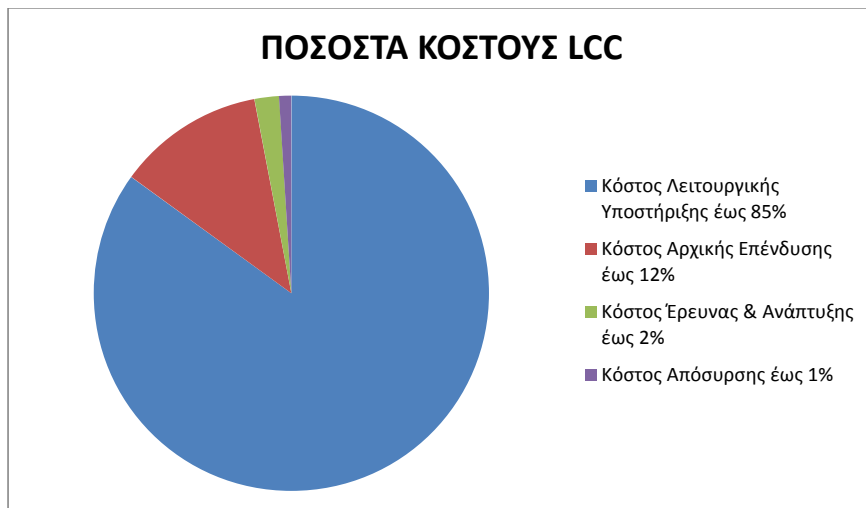
Γ) Το κόστος απόσυρσης έως το 1% του LCC.

Και το σημαντικότερο:

Δ) το κόστος λειτουργικής υποστήριξης έως το 85% του LCC.

Κατά συνέπεια οι αποφάσεις που θα παρθούν ακόμα από την φάση σχεδιασμού για την λειτουργική υποστήριξη του συστήματος, θα καθορίσουν έως 85% το LCC. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο κρίνεται επιτακτική η μεθοδολογία του LCC και η εφαρμογή στρατηγικής ILS.

<sup>13</sup> INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT HANDBOOK 3<sup>rd</sup> Edition JAMES V. JONES, sole press 2010



Σχήμα 12

Επιπροσθέτως οι αποφάσεις που παίρνονται κατά τις διάφορες φάσεις δημιουργίας του συστήματος, επηρεάζουν το κόστος χρησιμότητας όχι όμως ανάλογα. Στον παρακάτω πίνακα<sup>14</sup> αποτυπώνεται το ποσοστό επηρεασμού κάθε φάσης:

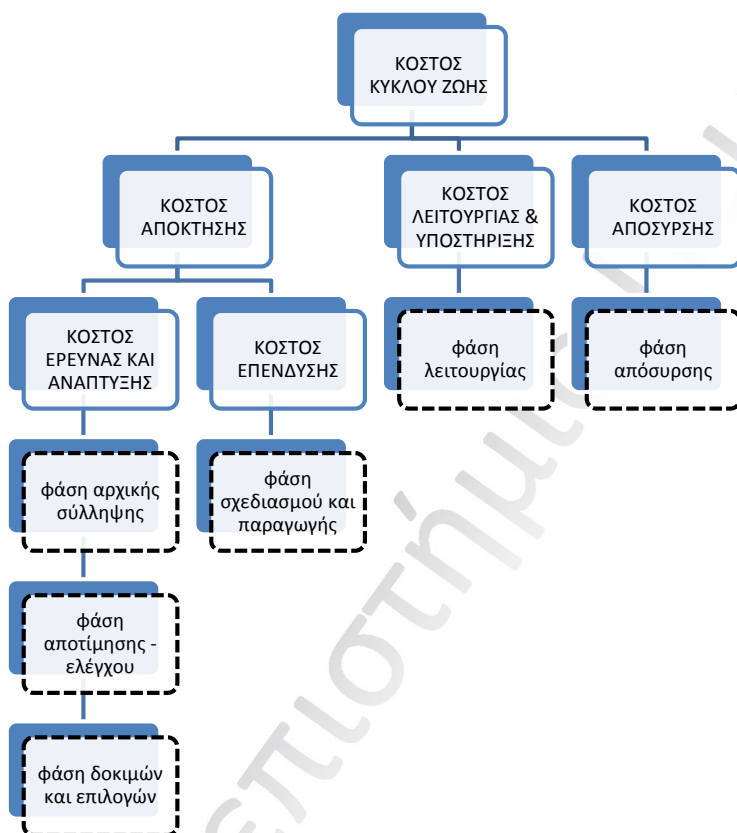
ΦΑΣΗ	% των αποφάσεων που επηρεάζουν το κόστος χρησιμότητας
Έρευνας και Ανάπτυξης	70%
Επένδυσης	20%
Λειτουργίας και Υποστήριξης	10%
Απόσυρσης	0%

Όπως διαπιστώνουμε, οι αποφάσεις που παίρνονται κατά τη φάση της Έρευνας και Ανάπτυξης καθορίζουν κατά 70% περίπου το κόστος χρησιμότητας μετέπειτα. Για το λόγο αυτό δίνεται ιδιαίτερη σημασία στις αποφάσεις τις συγκεκριμένης φάσης, γιατί στην ουσία είναι αυτή που θα ελαχιστοποιήσει το LCC στο μέλλον. Στις άλλες φάσεις το ποσοστό επηρεασμού είναι μικρό έως μηδαμινό. Με άλλα λόγια δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι θα ασχοληθούμε με την μείωση του κόστους χρήσης αφού αγοράσουμε το σύστημα, γιατί πολύ απλά τα περιθώρια παρεμβάσεων είναι ελάχιστα.

<sup>14</sup> INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT HANDBOOK 3<sup>rd</sup> Edition JAMES V. JONES, sole press 2010

### Στοιχεία κόστους LCC ενός συστήματος

Ο καθορισμός του προβλεπόμενου κόστους χρησιμότητας ενός συστήματος υπολογίζεται συνδυάζοντας όλα τα σχετικά κόστη που προκύπτουν από όλες τις φάσεις ζωής του. Στο παρακάτω σχήμα 13 αποτυπώνονται οι βασικές κατηγορίες αυτών μετά των σχετικών φάσεων.



Σχήμα 13

Το κόστος έρευνας και ανάπτυξης (R & D cost) περιλαμβάνει:

- Κόστος μελέτης εφαρμογής
- Κόστος ανάλυσης του συστήματος
- Κόστος λεπτομερούς σχεδίασης και ανάπτυξης
- Κόστος συναρμολόγησης του πρωτοτύπου
- Κόστος αρχικών δοκιμών και εκτίμησης του πρωτοτύπου
- Κόστος παραγωγής απαιτούμενων εγχειριδίων



Το κόστος επένδυσης περιλαμβάνει:

- Κόστος κατασκευής του συστήματος
- Κόστος αγοράς εφεδρικών ανταλλακτικών και ανταλλακτικών επισκευής
- Κόστος εκπαίδευσης και επίβλεψης προσωπικού
- Κόστος εξοπλισμού υποστήριξης και δοκιμών (ειδικά εργαλεία και συσκευές ελέγχου)
- Κόστος εγκαταστάσεων συντήρησης, και οτιδήποτε άλλο σχετίζεται με ανάλωση πόρων υποστήριξης και λειτουργίας του συστήματος.

Το κόστος λειτουργίας και υποστήριξης γενικά περιλαμβάνει:

- Κόστος προσωπικού και πολιτικής συντήρησης
- Κόστος ανταλλακτικών των επισκευών και τα κόστη που σχετίζονται με αυτά όπως κόστος αποθήκευσης - μεταφορών - συσκευασίας
- Κόστος τροποποιήσεων – αναβαθμίσεων κ.α

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα ανωτέρω επιμέρους κόστη χωρίζονται σε άμεσα και έμμεσα όπως παρακάτω:

#### ΑΜΕΣΑ ΚΟΣΤΗ

Προσωπικό

Αναλώσιμα

Αντικατάσταση ανταλλακτικών

Εξοπλισμός υποστήριξης

Εγκαταστάσεις

Συντήρηση

Συσκευασία, μεταφορά, αποθήκευση

Τεχνικά δεδομένα

Μετατροπές – αναβαθμίσεις

Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων

#### ΕΜΜΕΣΑ ΚΟΣΤΗ

Προσωπικό

Εγκαταστάσεις

Εκπαίδευση

Το κόστος απόσυρσης περιλαμβάνει:

- Κόστος διακοπής της υποστήριξης
- Κόστος ανακύκλωσης
- Κόστος απόρριψης

## **02.02 Οι φάσεις του κύκλου ζωής ενός συστήματος**

Οι Ένοπλες Δυνάμεις των ΗΠΑ έχουν αναλύσει τον κύκλο ζωής ενός συστήματος σε έξι φάσεις με σκοπό την ευκολότερη μελέτη του<sup>15</sup>. Οι φάσεις αυτές είναι:

A) Καθορισμός των προδιαγραφών. Περιλαμβάνει την συνειδητοποίηση της ανάγκης για την κάλυψη των μελλοντικών απαιτήσεων και την ανάλυση της χρήσης του συστήματος μέσω καθορισμού των προτεραιοτήτων.

B) Διερεύνηση της χρήσης και του σχεδιασμού του συστήματος. Περιλαμβάνει: (α) διερεύνηση των εναλλακτικών λύσεων και των σχεδιαστικών προτάσεων. (β) Την επιλογή της καλύτερης προτεινόμενης λύσης. (γ) Τον καθορισμό του project management. (δ) Τον σχεδιασμό του ILS

Γ) Κατασκευή του πρωτοτύπου. Περιλαμβάνει: (α) Την υπογραφή της σύμβασης (β) Την εκτέλεση των τεχνικών δοκιμών του πρωτοτύπου (γ) Τον καθορισμό των ποσοτικών και ποιοτικών απαιτήσεων σε προσωπικό. (δ) Τον καθορισμό των απαιτήσεων σε ασφάλεια. (ε) Την ανάπτυξη της μελλοντικής υποστήριξης του συστήματος.

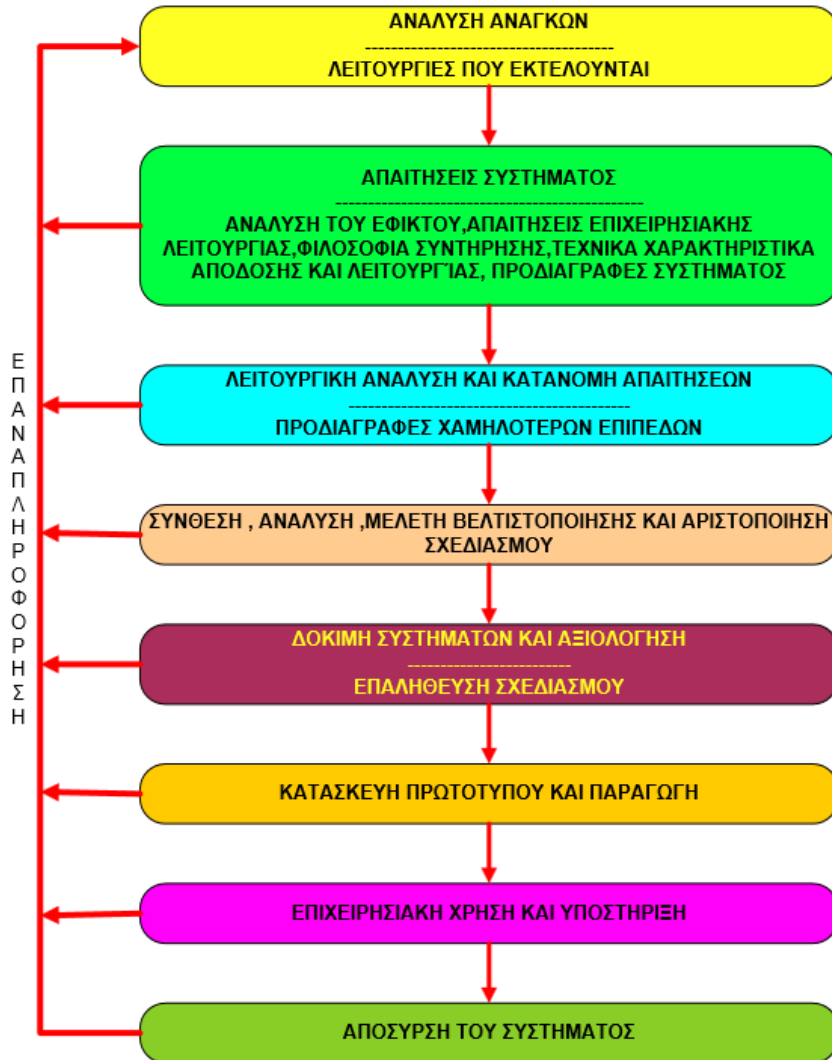
Δ) Παραγωγή και Διανομή. Περιλαμβάνει: (α) Την παραγωγή του συστήματος και (β) Την αξιολόγηση των πρώτων μονάδων που θα παραχθούν.

Ε) Λειτουργία και υποστήριξη. Περιλαμβάνει: (α) Την λειτουργία του συστήματος (β) Την υποστήριξη του συστήματος (γ) Την βελτίωση και αναβάθμιση (δ) Την αξιολόγηση και εκτίμηση της υπολοιπούμενης ζωής του.

ΣΤ) Απόσυρση και διάλυση. Περιλαμβάνει: (α) Την απόφαση για αντικατάσταση ή απόσυρση, (β) Την απενεργοποίηση (γ) Την αποσυναρμολόγηση, ανακύκλωση και ασφαλή απόρριψη.

Σκοπός της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η εκτίμηση κάθε φάσης και εφόσον βρεθεί ικανοποιητική, τότε περνάμε στην επόμενη. Στο παρακάτω σχήμα 14 που ακολουθεί, αποτυπώνονται περιγραφικά οι φάσεις ανάπτυξης του κύκλου ζωής ενός συστήματος σύμφωνα πάντα με το πρότυπο MIL-STD 785 όπως αναπτύχθηκε από τις Ένοπλες Δυνάμεις των ΗΠΑ.

<sup>15</sup> MIL-STD 785 Reliability Program for System and Equipment Development and Production.



Σχήμα 14

Πέραν όμως της ανάλυσης των φάσεων του κύκλου ζωής ενός συστήματος, είναι εξίσου σημαντικό να συνδέσουμε τις φάσεις αυτές με την ανάλωση του κόστους το οποίο δεσμεύεται κατά την υλοποίηση τους. Στο σχήμα 15 που ακολουθεί αποτυπώνεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ φάσεων και ποσοστού κόστους κύκλου ζωής του συστήματος.



Σχήμα 15

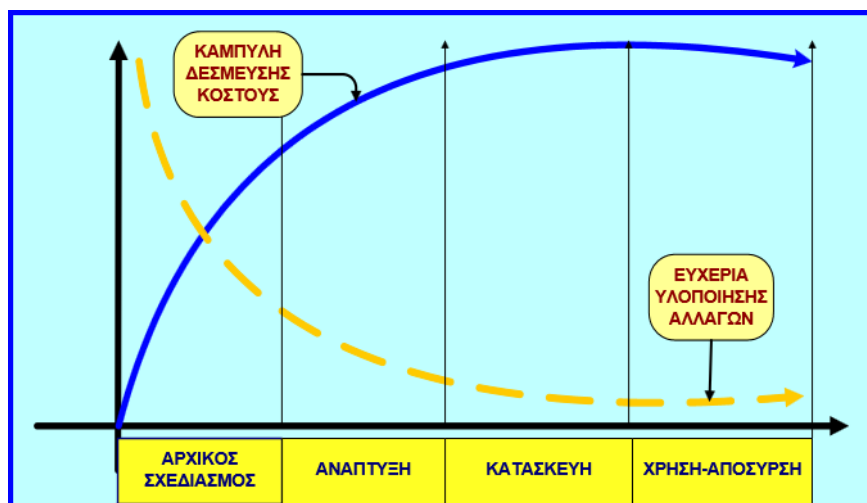
Μέχρι την πρώτη φάση κατά την οποία πραγματοποιείται η ανάπτυξη του συστήματος, ο καθορισμός των προδιαγραφών και των λοιπών παραμέτρων που σχεδιάζονται, θα απορροφηθεί περίπου το 70% του συνολικού κόστους του συστήματος.

Στην δεύτερη φάση που περιλαμβάνει την επίδειξη και την εκτίμηση του συστήματος, δεσμεύεται ακόμα ένα 15% περίπου του συνολικού κόστους.

Στην Τρίτη φάση που περιλαμβάνει την κατασκευή του πρωτοτύπου καθορίζονται παράγοντες που επηρεάζουν κατά 10% περίπου το συνολικό κόστος. Όταν ολοκληρωθεί η πλήρης κατασκευή του πρωτοτύπου, έχουν καθορισθεί όλοι εκείνοι οι παράγοντες που θα επηρεάσουν το 95% περίπου του συνολικού κόστους από τη σύλληψη της ιδέας έως την απόσυρση.

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι αποφάσεις που παίρνονται ιδίως κατά την πρώτη φάση, θα επηρεάσουν έως 70% το συνολικό κόστος κύκλου ζωής του συστήματος. Στο παρακάτω σχήμα 16, αποτυπώνεται η

σχέση που υπάρχει μεταξύ της δέσμευσης κόστους και της δυνατότητας υλοποίησης αλλαγών.



Σχήμα 16

Όπως βλέπουμε κατά την φάση του αρχικού σχεδιασμού, υπάρχουν σημαντικά περιθώρια υλοποίησης αλλαγών τα οποία μειώνονται δραστικά κατά τις επόμενες φάσεις. Πρακτικά είναι αδύνατο να υλοποιήσουμε κάποια αλλαγή από τη φάση της κατασκευής και έπειτα. Αν κάτι τέτοιο γίνει θα εκτοξεύσει το κόστος σε δυσθεώρητα επίπεδα που θα οδηγήσουν το πρόγραμμα σε πλήρη αποτυχία. Κατά συνέπεια απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη λήψη αποφάσεων κατά τον αρχικό σχεδιασμό τόσο γιατί δεσμεύεται το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους μετέπειτα, όσο και γιατί μετά από αυτή τη φάση δεν υφίστανται πρακτικά περιθώρια υλοποίησης αλλαγών.

### 02.03 Υπολογισμός κόστους κύκλου ζωής

Ο υπολογισμός του κόστους κύκλου ζωής ενός συστήματος είναι ιδιαίτερα δύσκολος γιατί σχετίζεται με πληθώρα πληροφοριών που πρέπει να υπάρξουν και να συνδυαστούν. Η συλλογή αυτών είναι δύσκολη ή διατίθεται σε διαφορετικές μορφές όπου υφίσταται η ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας προκειμένου να ομογενοποιηθούν. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται κάποια από τα απαιτούμενα στοιχεία που απαιτούνται τόσο από τον χρήστη όσο και από τον κατασκευαστή:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΖΩΗΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ	ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ
Προβλεπόμενη χρήση του συστήματος	Στοιχεία σχεδιασμού (design data )
Οικονομικά στοιχεία χρηματοδότησης της επιχείρησης (κόστος χρήματος)	Στοιχεία κατασκευαστή (configuration)
Στοιχεία κόστους logistics(κόστος αποθήκευσης ,μεταφοράς διοικητικό κόστος τμήματος προμηθειών κλπ)	Στοιχεία αναλύσεων ILS(Level of repair analysis, Logistics support analysis κλπ)
Στοιχεία κόστους από αλλά αντίστοιχα προγράμματα	Στοιχεία κόστους από αλλά αντίστοιχα προγράμματα

Ο βασικός τύπος υπολογισμού του κόστους είναι ο:

$$C_T = C_R + C_i + C_o + C_D.$$

$C_T$  = Total cost of ownership

$C_R$  = Research and development cost

$C_i$  = Investment costs

$C_o$  = Operation & Support costs

$C_D$  = Disposal costs

Κάθε βασική κατηγορία κόστους μπορεί να διευρυνθεί περιλαμβάνοντας εκατοντάδες άλλα κόστη. Έτσι ο παραπάνω τύπος θα μπορούσε να διαμορφωθεί:

$$C_T = C_{RP} + C_{RM} + C_{REN} + C_{REV} + C_{REQ} + C_{RF} + C_{IPR} + C_{IPN} + C_{IM} + C_{IS} + C_{ISE} + C_{IM} + C_{IE} + C_{IF} + C_{IP} + C_{ODP} + C_{OC} + C_{ORS} + C_{OSE} + C_{ODF} + C_{ODM} + C_{OP} + C_{OTD} + C_{OSM} + C_{OM} + C_{OIP} + C_{OIF} + C_{OIT} + C_{DI} + C_{DP} + C_{DDM} + C_{DR} + C_{DD} + C_{DW}.$$

$C_{RP}$  = R&D planning cost

$C_{RM}$  = R&D management cost

$C_{REN}$  = R&D engineering cost

$C_{REV}$  = R&D evaluation cost

C<sub>REQ</sub> = R&D equipment cost  
C<sub>RF</sub> = R&D facilities cost  
C<sub>IPR</sub> = Investment production cost  
C<sub>IPN</sub> = Investment planning cost  
C<sub>IM</sub> = Investment management cost  
C<sub>IS</sub> = Initial spares cost  
C<sub>ISE</sub> = Initial support equipment cost  
C<sub>IM</sub> = Technical manual costs  
C<sub>IE</sub> = Investment engineering costs  
C<sub>IF</sub> = Investment facilities costs  
C<sub>IP</sub> = Initial PHS&T costs  
C<sub>ODP</sub> = O&S direct personnel costs  
C<sub>OCC</sub> = O&S consumables costs  
C<sub>ORS</sub> = O&S replacement spares costs  
C<sub>OSE</sub> = O&S support equipment costs  
C<sub>ODF</sub> = O&S direct facilities costs  
C<sub>ODM</sub> = O&S maintenance costs  
C<sub>OP</sub> = O&S PHS&T costs  
C<sub>OTD</sub> = O&S technical data costs  
C<sub>OSM</sub> = O&S supply management costs  
C<sub>OM</sub> = O&S modification costs  
C<sub>OIP</sub> = O&S indirect personnel costs  
C<sub>OIF</sub> = O&S indirect facilities costs  
C<sub>OIT</sub> = O&S indirect training costs  
C<sub>DI</sub> = Disposal inventory closeout costs  
C<sub>DP</sub> = Disposal PHS&T  
C<sub>DDM</sub> = Disposal data management costs  
C<sub>DR</sub> = Disposal refurbishment costs

$C_{DD}$  = Disposal demilitarization costs

$C_{DW}$  = Disposal waste management costs

Υπάρχουν τρεις αποδεκτές τεχνικές για τον υπολογισμό του κόστους όταν υπάρχουν ελλιπή στοιχεία. Αυτές είναι η αναλογική, η παραμετρική και η μηχανολογικά υπολογιστική (engineering estimating). Η χρήση κάθε μεθόδου εξαρτάται ανάλογα με τη φάση του κύκλου ζωής του συστήματος. Η αναλογική χρησιμοποιείται συνήθως νωρίς κατά την φάση καθορισμού της ανάγκης όταν υπάρχει έλλειψη λεπτομερών στοιχείων του νέου συστήματος. Χρησιμοποιεί ιστορικά στοιχεία ομοειδών συστημάτων ως βάση για τον υπολογισμό του κόστους του νέου συστήματος μαζί με τα υποσυστήματά του. Η παραμετρική μέθοδος, αναπτύσσεται κυρίως κατά τη φάση του σχεδιασμού όταν ακολουθούνται παρόμοιες (γνωστές – δοκιμασμένες) σχεδιαστικές τεχνικές όταν το κόστος εργασίας και υλικών του παλαιότερου συστήματος είναι γνωστά. Η παραμετρική μέθοδος επιτρέπει την πιο λεπτομερή ανάλυση στοιχείων κόστους του συστήματος και των υποσυστημάτων. Η μηχανολογικά υπολογιστική χρησιμοποιείται όταν είναι γνωστά τα φυσικά χαρακτηριστικά του νέου συστήματος, αλλά δεν υπάρχει αντίστοιχη εμπειρία εφαρμογής τους ακόμα. Όλες οι παραπάνω τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα ή από κοινού με σκοπό να προβλέψουν κατά προσέγγιση το κόστος χρησιμότητας.

Η απόφαση που λαμβάνεται για την απόκτηση του συστήματος πρέπει να βασίζεται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών. Παρόλαυτα η πιο σημαντική πληροφορία είναι τι θα συμβεί στο μέλλον και αυτό είναι άγνωστο. Οι τεχνικές όμως βοηθούν στην πρόβλεψη των μελλοντικών γεγονότων, απεικονίζοντας λύσεις προβλημάτων. Η επιχειρησιακή διαθεσιμότητα και η ανάλυση του κόστους κύκλου ζωής δίνουν τελικά αξία στο σύστημα γιατί επιτρέπουν στις ομάδες εργασίας να αποτιμούν τις επιλογές τους πριν εφαρμοστούν, λαμβάνοντας τις σωστότερες αποφάσεις. Μέσω της ανάλυσης του κόστους κύκλου ζωής επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ των αποφάσεων της ποσότητας του υπό προμήθεια συστήματος, των υποδομών υποστήριξης και των απαιτούμενων χρηματικών κεφαλαίων.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 03

### LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS (LSA)

#### 03.01 Ανάλυση της εφοδιαστικής υποστήριξης

Η ανάλυση της εφοδιαστικής υποστήριξης (LSA), αποτελεί από μόνη της μία μεθοδολογία που ενσωματώνει όλες τις λειτουργίες και προσπάθειες του ILS αποτελώντας τη σημαντικότερη φάση ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος εφοδιαστικής υποστήριξης. Επιδιώκει την συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών προκειμένου εξασφαλισθεί η υποστηριξιμότητα του συστήματος. Η LSA ασχολείται με την τεχνική ανάλυση του συστήματος και τον συσχετισμό αυτής με το σχέδιο συντήρησης και επισκευής που εφαρμόζεται. Δημιουργείται μία βάση από την οποία αντλούνται τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την βελτιστοποίηση της υποστήριξης ILS. Το αρχείο που προκύπτει, ονομάζεται LSAR<sup>16</sup> (Logistics Support Analysis Record).

Η διαδικασία LSA αποτελεί μια απλή αλλά πολύ αποτελεσματική μέθοδο ανάπτυξης λύσεων εφοδιαστικής υποστήριξης για ένα σύστημα. Έχει αποδειχθεί τόσο αποτελεσματική, όπου πλέον έχει γίνει αποδεκτή διεθνώς όσον αφορά την εφαρμογή ILS για οποιοδήποτε εξοπλιστικό πρόγραμμα απόκτησης. Το υπουργείο άμυνας της Αμερικής έχει τυποποιήσει την συγκεκριμένη διαδικασία με το πρότυπο MIL – STD 1388 – 1A το οποίο υιοθετήθηκε και ενσωματώθηκε αυτούσιο από το υπουργείο άμυνας της Αγγλίας με το Defense Standard 00 – 60 Integrated Logistic Support. Παρόμοιες ενσωματώσεις έχουν συντελεστεί και από άλλες χώρες οι οποίες αποτελούν παραγωγές πολεμικών συστημάτων. Κατά συνέπεια θα μπορούσαμε να πούμε ότι η LSA αποτελεί μία κοινή διεθνής <<γλώσσα>> ενσωμάτωσης χαρακτηριστικών υποστήριξης στο σχεδιασμό οποιουδήποτε συστήματος.

Είναι μία σειρά από σχεδιασμένες διαδικασίες και στόχους που εξετάζουν όλους τους παράγοντες του συστήματος προκειμένου να προσδιορισθούν όλες οι απαιτήσεις υποστήριξης, ώστε το σύστημα αυτό να είναι λειτουργικό σύμφωνα με τον σχεδιασμό του. Η LSA επιδιώκει με τη μορφή της επαναπληροφόρησης να βελτιώσει τον σχεδιασμό ώστε να αριστοποιηθεί η σχέση λειτουργικότητας και κόστους.<sup>17</sup>

Το σημαντικότερο στοιχείο της LSA είναι η τεκμηρίωση LSA που αποτελείται από όλα τα στοιχεία που προκύπτουν ως αποτέλεσμα των στόχων ανάλυσης και εξάγονται από την εφαρμογή του προτύπου. Η τεκμηρίωση αυτή θα αναπτυχθεί και θα ακολουθήσει την πορεία ανάπτυξης του συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο θα

<sup>16</sup> MIL – STD 1388 – 2B, Military Standard, Requirements for a Logistic Support Analysis Record, Department of Defense Washington DC 1991

<sup>17</sup> MIL – STD 1388 – 1A, Military Standard, Logistic Support Analysis Department of Defense Washington DC 1991

επιτευχθεί σχεδιασμός της υποστήριξης ώστε να ενημερώνεται και να προσαρμόζεται συνεχώς στην λειτουργική ανάπτυξη του συστήματος και τις αλλαγές που ενσωματώνονται στον σχεδιασμό, αξιοποιώντας τις πλέον πρόσφατες πληροφορίες που προέρχονται από τον σχεδιασμό και την λειτουργική ανάπτυξη.

### **03.02 Στόχοι της διαδικασίας LSA**

Υπάρχει ένα σημαντικό σημείο που πρέπει να επισημάνουμε και αυτό είναι ότι η LSA αποτελεί εργαλείο που χρησιμοποιεί το ILS που στηρίζεται στην άρτια ανάλυση των δεδομένων. Η διαδικασία LSA αναπτύχθηκε έχοντας κατά νου τους παρακάτω 4 βασικούς στόχους:

- Να επηρεασθούν οι σχεδιαστικές αποφάσεις ώστε να μπορεί το σύστημα να υποστηριχθεί εύκολα.
- Να αναγνωρισθούν τα προβλήματα υποστήριξης με σκοπό να αναζητηθούν οι κατάλληλες λύσεις (χρόνος – κόστος).
- Να αναπτυχθούν οι κατάλληλοι πόροι για την υποστήριξη σε όλη τη διάρκεια ζωής του συστήματος.
- Να αναπτυχθεί η μοναδική βάση δεδομένων του συστήματος στην οποία θα βασιστεί το ILS για την άντληση στοιχείων από όλα τα τμήματα ανάπτυξης του προγράμματος.

Πριν την ανάπτυξη του LSA, κάθε ομάδα εργασίας του ILS συνέλεγε, ανέλυε και αποθήκευε δεδομένα, αποκλειστικά για δική του χρήση με αποτέλεσμα χρήσιμες πληροφορίες άλλων ομάδων να μην μπορούν να μοιραστούν, χανόταν η συνέχεια αυτών, δημιουργώντας έτσι δυσχαιρή προβλήματα στην ανάπτυξη του ILS. Με την χρήση μίας μοναδικής βάσης δεδομένων, κάθε τμήμα του ILS είναι σίγουρο ότι μοιράζεται τις ίδιες σωστές πληροφορίες και τα αποτελέσματα των διεργασιών μιας ομάδας είναι διαθέσιμα και στις υπόλοιπες. Κατά συνέπεια η εφαρμογή της LSA σε ένα πρόγραμμα μπορεί να είναι επιτυχής μόνο εάν επιτυγχάνονται οι τέσσερις παραπάνω στόχοι.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι σχεδιασμού της υποστήριξης των logistics: η σειριακή και η ολοκληρωμένη προσέγγιση. Όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα 17 η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο μεθόδων έχει να κάνει με το εάν ο σχεδιασμός υποστήριξης των logistics, αλληλεξαρτάται από τον σχεδιασμό του συστήματος. Η LSA δεν μπορεί να είναι αποτελεσματική εάν εφαρμόζεται με βάση την σειριακή προσέγγιση, γιατί οι πρώτοι δύο στόχοι του επηρεασμού των σχεδιαστικών αποφάσεων και της αναγνώρισης των προβλημάτων υποστήριξης, δεν μπορούν να επιτευχθούν από την στιγμή που ο σχεδιασμός του συστήματος ολοκληρώνεται πριν ξεκινήσει να σχεδιάζεται ο μηχανισμός υποστήριξης.

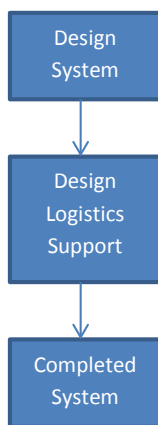
Κατά την ανάπτυξη των στοιχείων ILS ελέγχεται ότι:

- Όλα τα στοιχεία υποστήριξης, έχουν σχεδιασθεί, αποκτηθεί και διαχειρίζονται με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο.
- Ο σχεδιασμός του συστήματος, περιλαμβάνει τους προβληματισμούς της υποστήριξης.

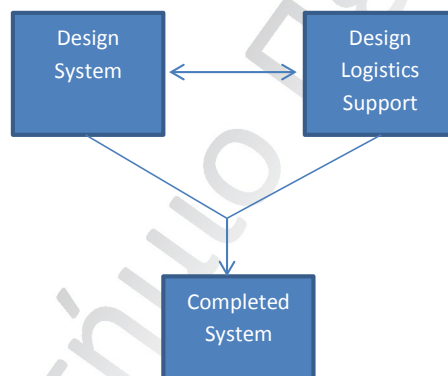
- Ο σχεδιασμός και τα στοιχεία υποστήριξης είναι συμβατά μεταξύ τους.
- Η απαιτούμενη υποστήριξη είναι δυνατόν να εξασφαλισθεί στους τελικούς χρήστες με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Υπάρχουν δύο ξεκάθαρες <περιοχές> της LSA: η μία είναι η διεξαγωγή των αναλύσεων και η άλλη είναι η καταγραφή των αποτελεσμάτων. Ο βασικός σκοπός της LSA είναι η εφαρμογή των αναλύσεων. Η LSA είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπει την λεπτομερή αναγνώριση των εξειδικευμένων απαιτήσεων ενός συστήματος. Συντελείται η συνοχή των προαπαιτούμενων ώστε να συνδέεται με την πολυπλοκότητα του εξοπλισμού. Η LSA έχει συνεισφέρει σημαντικά στον σχεδιασμό του ILS και στην ανάπτυξη των πηγών υποστήριξης του συστήματος.

Sequential approach



Integrated approach



Σχήμα 17

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι η LSA περιλαμβάνει αναλύσεις που θα πρέπει να ολοκληρωθούν από την πλευρά της κυβέρνησης. Εάν η κυβέρνηση και όλοι οι κατασκευαστές που εμπλέκονται σε ένα εξοπλιστικό πρόγραμμα ακολουθήσουν τις οδηγίες του προτύπου MIL – STD 1388 - 1A κατά γράμμα, τα αποτελέσματα της σχεδίασης του εξοπλισμού και του πακέτου υποστήριξης logistics, θα είναι τα καλύτερα δυνατά εξασφαλίζοντας την πολυπύθητη ισορροπία μεταξύ των επιδόσεων του συστήματος, της υποστηρικτικότητας και του κόστους χρησιμότητας (cost of ownership).

Στην διεθνή βιβλιογραφία συναντάμε επίσης και ετέρους στόχους της διαδικασίας LSA εξίσου σημαντικούς με αυτούς που προαναφέρθηκαν:

- Να περιγραφεί η ανάγκη που πρέπει να καλυφθεί με μια σειρά λειτουργικών παραμέτρων που να μπορούν να συσχετισθούν με ποσοτικά στοιχεία.
- Να επιβεβαιωθεί η συμβατότητα των τεχνικών παραμέτρων που θα αναπτυχθούν σε σχέση με τις επιτελούμενες λειτουργίες ώστε να βελτιστοποιηθεί ο σχεδιασμός του τελικού συστήματος.
- Να συσχετισθεί η αξιοπιστία και η ικανότητα υποστήριξης με στοιχεία όπως η συντήρηση, η εκπαίδευση του προσωπικού, η επάνδρωση, η ασφάλεια, ο έλεγχος της ποιότητας καθώς και κάθε άλλου εμπλεκόμενου παράγοντα που μπορεί να επηρεαστεί στη φάση ανάπτυξης και σχεδιασμού.

### **03. 03: Ανάλυση Ενοτήτων Εφοδιαστικής Υποστήριξης LSA**

Η LSA ως τυποποιημένη πλέον διαδικασία - μεθοδολογία, περιλαμβάνει μία σειρά έργων και υποέργων που πρέπει να συντελεστούν προκειμένου το εγχείρημα να στευχθεί με επιτυχία. Χωρίζεται σε πέντε βασικές ενότητες (έργα):

Ενότητα 100	Προγραμματισμός, Σχεδιασμός και Έλεγχος
Ενότητα 200	Καθορισμός αποστολής και δυνατότητα υποστήριξης
Ενότητα 300	Προετοιμασία και εκτίμηση των εναλλακτικών λύσεων
Ενότητα 400	Καθορισμός των αναγκών και των πόρων υποστήριξης
Ενότητα 500	Προσδιορισμός υποστήριξης

Όλες οι παραπάνω ενότητες είναι αλληλεξαρτώμενες μεταξύ τους αποτελώντας συνδετικό κρίκο της ανάλυσης LSA, προσδιορίζοντας το βαθμό επιτυχίας του προγράμματος.

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΕΝΟΤΗΤΩΝ LSA**

ΕΝΟ-ΤΗΤΑ	ΥΠΟ-ΕΝΟΤΗΤΑ	ΣΤΟΧΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
100	<b>Προγραμματισμός, Σχεδιασμός και Έλεγχος</b>		
	101	<b>Ανάπτυξη ενός προκαταρκτικού σχεδίου στρατηγικής LSA</b>	
		101.1	Στρατηγική LSA
		101.2	Αναθεώρηση
	102	<b>Σχεδιασμός LSA</b>	
		102.1	Σχέδιο LSA
		102.2	Αναθεώρηση
	103	<b>Επισκόπηση προγράμματος και Σχεδιασμού</b>	
		103.1	Καθιέρωση διαδικασιών Αναθεωρήσεων

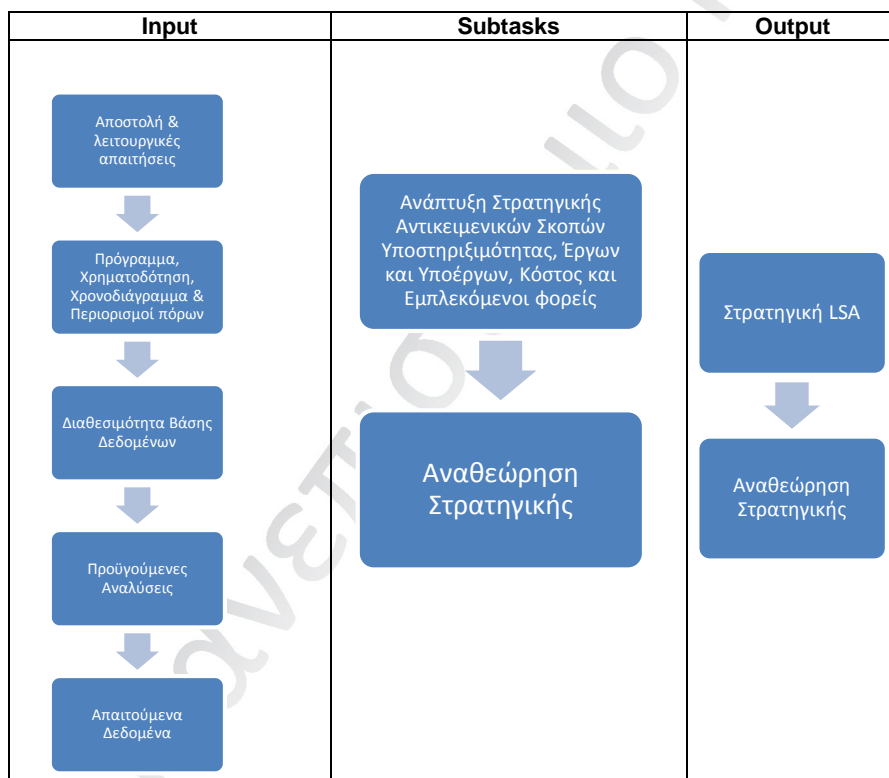
		103.2	Σχεδιαστικές Αναθεωρήσεις
		103.3	Αναθεωρήσεις Προγράμματος
		103.4	Αναθεωρήσεις LSA
200	<b>Καθορισμός Αποστολής &amp; Υποστήριξης</b>		
	201	<b>Μελέτη Χρήσεως</b>	
		201.1	Παράγοντες Υποστήριξης
		201.2	Ποσοτικοί Παράγοντες
		201.3	Επισκέψεις Περιοχών Υποστήριξης
		201.4	Εκπόνηση της Μελέτης Χρήσεως και Αναθεώρηση
	202	<b>Καθορισμός Προδιαγραφών hardware, software και παραγόντων υποστήριξης</b>	
		202.1	Προσδιορισμός εμποδίων Υποστήριξης
		202.2	Προσδιορισμός χαρακτηριστικών Υποστήριξης
		202.3	Προτεινόμενη Προσέγγιση
		202.4	Προσδιορισμός Κινδύνων
	203	<b>Συγκριτική Ανάλυση</b>	
		203.1	Αναγνώρισε τα συγκρίσιμα Συστήματα
		203.2	Καθορισμός Διαδικασίας Συγκρίσεως
		203.3	Χαρακτηριστικά Συγκριτικών Συστημάτων
		203.4	Ποιοτικά Προβλήματα Υποστηριξιμότητας
		203.5	Οδηγοί Υποστηριξιμότητας κόστους και αξιοπιστίας
		203.6	Ενοποιημένοι οδηγοί Συστήματος
		203.7	Αναθεωρήσεις
		203.8	Κίνδυνοι
	204	<b>Τεχνολογικές Ευκαιρίες</b>	
		204.1	Προτεινόμενα Σχεδιαστικά Αντικείμενα
		204.2	Αναθεωρήσεις
		204.3	Κίνδυνοι
	205	<b>Υποστηριξιμότητα και παράγοντες σχεδιασμού Υποστηριξιμότητας</b>	
		205.1	Χαρακτηριστικά Υποστηριξιμότητας
		205.2	Αντικείμενα Υποστηριξιμότητας
		205.3	Απαιτούμενες Προδιαγραφές
		205.4	Συσχετισμός NATO
		205.5	Στόχοι Υποστηριξιμότητας
300	<b>Προετοιμασία και Εκτίμηση Εναλλακτικών Λύσεων</b>		
	301	<b>Καθορισμός των Απαιτήσεων της Υποστήριξης</b>	
		301.1	Λειτουργικές Απαιτήσεις
		301.2	Ενοποιημένες Λειτουργικές Απαιτήσεις
		301.3	Κίνδυνοι
		301.4	Επιχειρησιακοί και Επισκευαστικοί Στόχοι
		301.5	Εναλλακτικές λύσεις Σχεδιασμού
		301.6	Αναθεωρήσεις
	302	<b>Εναλλακτικές μέθοδοι Υποστήριξης του Συστήματος</b>	
		302.1	Εναλλακτικές φιλοσοφίες Υποστήριξης
		302.2	Φιλοσοφία Υποστήριξης
		302.3	Εναλλακτικά Σχέδια Υποστήριξης
		302.4	Ενημέρωση – Αναβάθμιση στοιχείων Υποστήριξης
		302.5	Κίνδυνοι
	303	<b>Εκτίμηση Εναλλακτικών λύσεων και ανάλυση</b>	

		<b>Βελτιστοποίησης</b>
		303.1 Κριτήρια Βελτιστοποίησης
		303.2 Βελτιστοποίηση Υποστήριξης Συστήματος
		303.3 Βελτιστοποίηση συνολικού Συστήματος
		303.4 Ανάλυση ευαισθησίας της Αξιοπιστίας
		303.5 Βελτιστοποίηση Προσωπικού
		303.6 Βελτιστοποίηση Εκπαίδευσης
		303.7 Ανάλυση επιπέδου Επισκευής
		303.8 Βελτιστοποίηση Διαγνωστικών μεθόδων προληπτικής Συντήρησης
		303.9 Σύγκριση – Εκτίμηση
		303.10 Βελτιστοποίηση Απαιτήσεων σε Ενέργεια
		303.11 Βελτιστοποίηση επιβιωσιμότητας
		303.12 Βελτιστοποίηση Μεταφορών
400		<b>Καθορισμός των απαιτήσεων σε πόρους Υποστήριξης ΔΜ</b>
	401	<b>Ανάλυση Στόχων</b>
		401.1 Ανάλυση Στόχων
		401.2 Ανάλυση Τεκμηρίωσης
		401.3 Κρίσιμοι πόροι Υποστήριξης
		401.4 Απαιτήσεις Εκπαίδευσης και Προτάσεις
		401.5 Σχεδιαστικές Βελτιώσεις
		401.6 Σχεδιασμός Διοίκησης
		401.7 Ανάλυση Μεταφορών
		401.8 Απαιτήσεις Προμηθειών
		401.9 Επιβεβαίωση
		401.10 Εξαχθέντα προϊόντα ILS
		401.11 Ενημέρωση αρχείου LSA
	402	<b>Πρώιμη Ανάλυση περιοχής</b>
		402.1 Επίδραση νέου Συστήματος
		402.2 Πηγές εργασίας και Προσωπικού
		402.3 Επίδραση αστοχίας πόρων Υποστήριξης
		402.4 Απαιτήσεις πόρων υποστήριξης Πολεμικού περιβάλλοντος
		402.5 Σχεδιασμός για επίλυση προβλημάτων
	403	<b>Ανάλυση Υποστήριξης μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής</b>
		403.1 Ανάλυση Υποστήριξης μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής
500		<b>Καθορισμός Υποστηριξιμότητας</b>
	501	<b>Έλεγχος Υποστηριξιμότητας, Εκτίμηση, Επαλήθευση</b>
		501.1 Έλεγχος και εκτίμηση Παραγωγής
		501.2 Αντικείμενα και Κριτήρια
		501.3 Αναθεωρήσεις και διορθωτικές Ενέργειες
		501.4 Εκτίμηση σχεδίου Υποστηριξιμότητας
		501.5 Εκτίμηση Υποστηριξιμότητας

100 Προγραμματισμός, Σχεδιασμός & Έλεγχος

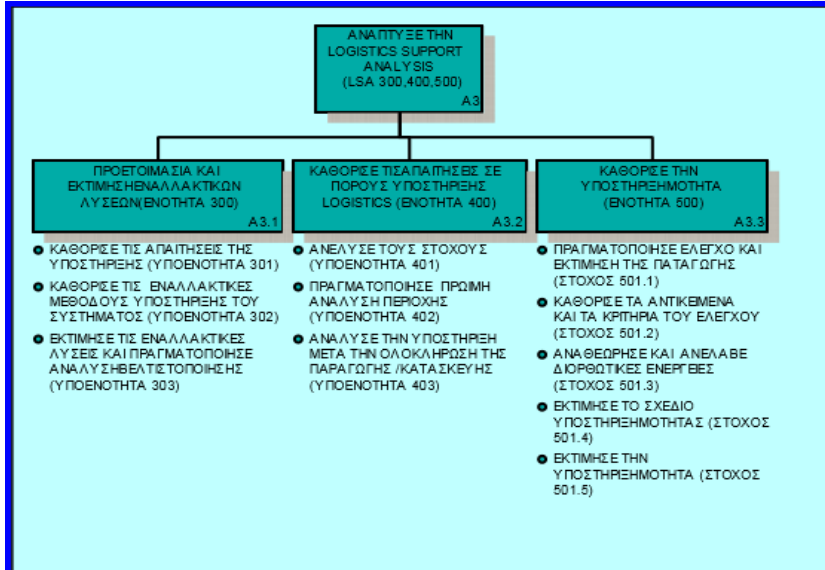
Ο σκοπός της Ενότητας 100, είναι να παρέχει μία τυπική μεθοδολογία LSA έναρξης, ελέγχου και διοίκησης του προγράμματος. Περιλαμβάνει τρεις ενότητες: στρατηγική, σχεδιασμός και αναθεώρηση, οι οποίες εφαρμόζονται σε κάθε στάδιο της LSA και απαιτείται ιδιαίτερα πριν την έναρξη του προγράμματος. Η στρατηγική που θα ακολουθηθεί είναι μοναδική και απαιτεί την συνεργασία των εμπλεκόμενων φορέων με σκοπό την εύρεση τρόπου επιτυχίας του προγράμματος. Απαιτείται η συμμετοχή είτε της κυβέρνησης είτε των κατασκευαστών ή και των δύο, για να παρθεί μία συνειδητή απόφαση για το τι πρέπει να γίνει σχετικά με την LSA, πριν την έναρξη οποιασδήποτε δραστηριότητας. Αυτή η ενότητα πρέπει να σχεδιαστεί σίγουρα από την πλευρά της κυβέρνησης πριν την υποβολή επίσημου αιτήματος προσφοράς (RFP) και οπωσδήποτε πριν από την υπογραφή οποιουδήποτε συμβολαίου, διαφορετικά η ανάλυση LSA, δεν θα μπορέσει να δώσει την επιθυμητή απόδοση επένδυσης.

Το παρακάτω σχήμα 18, αποτυπώνει τις εισροές – διεργασία και εκροές ανάπτυξης στρατηγικής LSA.

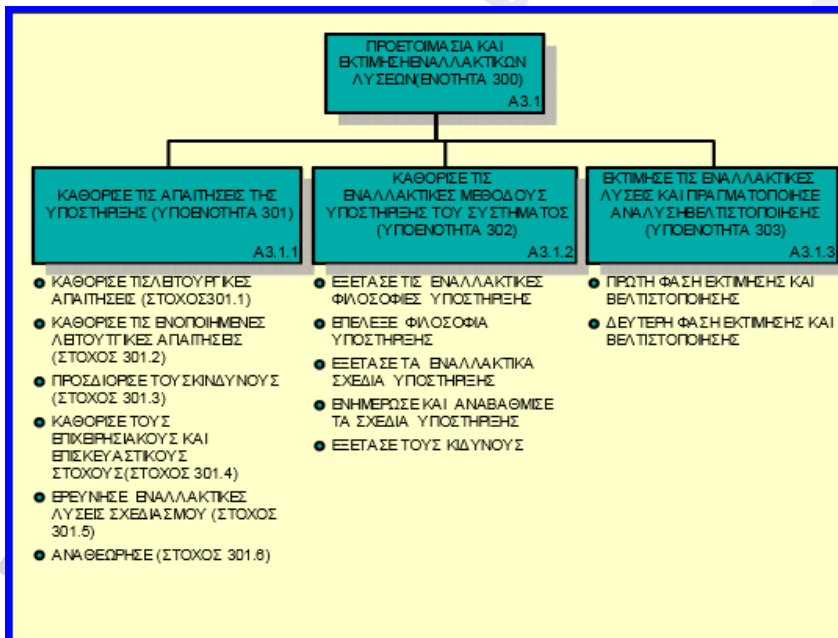


Σχήμα 18: Ανάπτυξη Στρατηγικής LSA

Στο παρακάτω Σχήμα 19 παρουσιάζεται μία συνοπτική αποτύπωση της διαδικασίας σε τρία επίπεδα που με τη σειρά τους αναλύονται περαιτέρω στα σχήματα 20, 21 και 22.

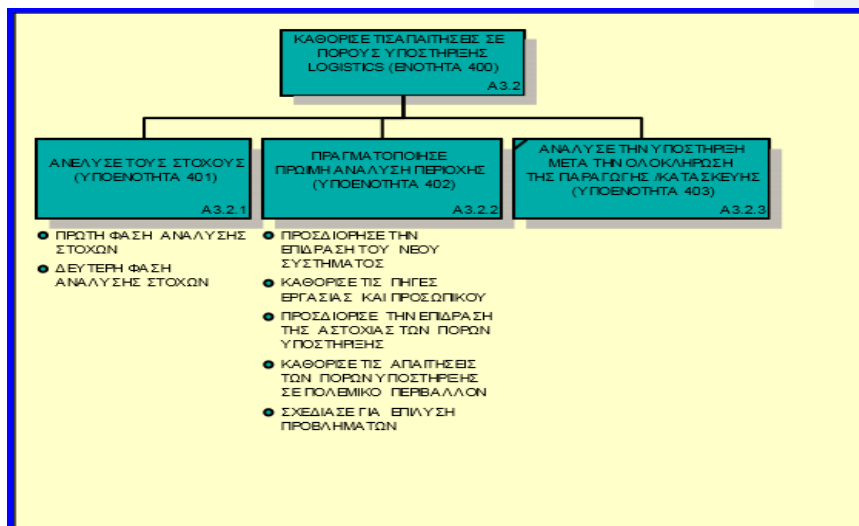


Σχήμα 19

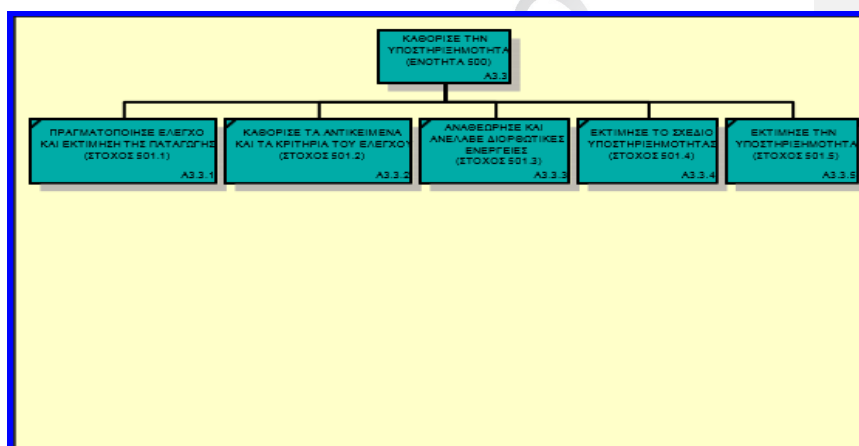


Σχήμα 20





Σχήμα 21



Σχήμα 22

Η ίδια φιλοσοφία ανάλυσης ακολουθείται σε όλες τις ενότητες και υποενότητες της LSA. Δεν είναι σκοπός της παρούσης μελέτης να αναλύσουμε διεξοδικά κάθε ενότητα και υποενότητα του ανωτέρω συνοπτικού πίνακα περιγραφής των ενότητων LSA. Κάτι τέτοιο εξάλλου περιγράφεται αναλυτικά στο πρότυπο MIL – STD 1388 – 1A USA Department of Defense και το MIL – STD 502 που μεταξύ άλλων αποτελεί οδηγό στα χέρια του εκάστοτε επιτελείου Άμυνας εφαρμογής LSA σε οποιοδήποτε πρόγραμμα.

### **03.04: Οι Κυριότεροι Μέθοδοι Ανάλυσης**

Η διαδικασία ανάλυσης LSA, δεν αποτελεί μία θεωρητική προσέγγιση λογιστικής υποστήριξης. Απεναντίας μέσω της όλης διαδικασίας εξάγονται μετρήσιμα αποτελέσματα που εγγυούνται την αριστοποίηση του αποτελέσματος και προσπαθούν να προβλέψουν το μέλλον. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι Μέθοδοι Ανάλυσης, στηριζόμενοι στα μαθηματικά, στην στατιστική και στις πιθανότητες. Οι κυριότεροι Μέθοδοι Ανάλυσης που χρησιμοποιούνται είναι οι παρακάτω:

- Η ανάλυση Αξιοπιστίας (Reliability).
- Η ανάλυση Επισκευασιμότητας (Maintainability).
- Η μέθοδος Δένδρου Βλαβών (Fault tree Analysis).
- Η ανάλυση Αξιοπιστίας και Συντήρησης με βάση την Αξιοπιστία (reliability centered maintenance).
- Η μέθοδος κατάστασης επιδράσεων και κρισιμότητας βλαβών (Failure Mode Effects and Criticality Analysis – FMECA).
- Η ανάλυση επιπέδου επισκευής (Level of Repair Analysis - LORA).
- Ο προσδιορισμός των ειδικών δεξιοτήτων και της εκπαίδευσης που απαιτείται να έχει το προσωπικό που θα ασχοληθεί με την λειτουργία και την υποστήριξη του συστήματος.
- Η δημιουργία των τεχνικών εγχειριδίων και της απαιτούμενης τεκμηρίωσης για την λειτουργία και υποστήριξη του συστήματος.
- Ο προσδιορισμός της απαιτούμενης υποστήριξης του συστήματος σε μηχανογραφικές εφαρμογές.
- Ο προσδιορισμός των αναγκών σε συσκευασία, αποθήκευση και μεταφορές.
- Ο προσδιορισμός των απαιτούμενων υποδομών
- Ο υπολογισμός της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του συστήματος.

#### **03.04.01 Ανάλυση Αξιοπιστίας και συντήρησης με βάση την αξιοπιστία (Προληπτική Συντήρηση).**

Μέσω της ανάλυσης αυτής επιδιώκεται ο καθορισμός των απαιτήσεων για συντήρηση ενός συστήματος με βάση την αξιοπιστία του. Ονομάζεται προληπτική συντήρηση γιατί μέσω αυτής αποφεύγονται (προλαμβάνονται) οι βλάβες και ελαχιστοποιείται το κόστος. Αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την ασφαλή, αποδοτική, αποτελεσματική και αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος. Καθορίζεται ο προγραμματισμός συντήρησης του συστήματος έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η διαθεσιμότητά του αλλά και η επιβίωσή του διαχρονικά. Η μεθοδολογία που

χρησιμοποιείται αναλύεται λεπτομερειακά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β και βρίσκει ιδιαίτερη εφαρμογή στην πολεμική βιομηχανία.

Η έλλειψή της αλλά και η ανεπαρκής υλοποίηση ή ο ανεπαρκής προγραμματισμός των εργασιών προληπτικής συντήρησης οδηγούν σε αύξηση του χρόνου αδράνειας, στην μείωση του μέσου χρόνου ζωής και του μέσου χρόνου χρήσης του εξοπλισμού, στην μείωση της αξιοπιστίας και στην αύξηση του κόστους συντήρησης.

Αντίθετα η ορθή εφαρμογή του προγράμματος προληπτικής συντήρησης αυξάνει την αξιοπιστία του εξοπλισμού καθώς και την εμπιστοσύνη των χρηστών σε αυτόν. Βελτιώνει την ποιοτική λειτουργία και απόδοση του συστήματος περιορίζοντας το μέγεθος των δαπανών συντήρησης.

Η διαδικασία της προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνει την περιοδική συντήρηση και αντικατάσταση μερών και εξαρτημάτων του εξοπλισμού με σκοπό αφενός την διασφάλιση αδιάλειπτης και σωστής λειτουργίας τους, αφετέρου την μείωση των πιθανοτήτων βλάβης. Τα πρωτόκολλα και η συχνότητα προληπτικής συντήρησης βασίζονται στις συστάσεις του κατασκευαστή σε διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα, στην μέση διάρκεια λειτουργίας του εκάστοτε εξοπλισμού και στους κανόνες της συνήθους τεχνικής και επιστημονικής πρακτικής. Σε ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης καθορίζονται:

- Οι βαθμονομήσεις
- Οι ενέργειες συντήρησης
- Τα αναγκαία υλικά
- Το χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης

που απαιτούνται να γίνονται προληπτικά στην εγκατάσταση ή τον εξοπλισμό, ώστε να λειτουργεί αξιόπιστα και αποτελεσματικά. Το σύνολο των χρονοδιαγραμμάτων, ενεργειών και ελέγχων, βαθμονομήσεων, ανταλλακτικών και οργάνων που απαιτούνται για την προληπτική συντήρηση του συστήματος, αποτελούν το " Πρωτόκολλο Προληπτικής Συντήρησης".

#### **03.04.02 Ανάλυση Δένδρου Βλαβών (Fault tree Analysis).<sup>18</sup>**

Η ανάλυση δένδρου βλαβών, μας βοηθά να απεικονίσουμε γραφικά την επίδραση που έχει μια ενδεχόμενη βλάβη στο σύστημα. Εφαρμόζεται σε συστήματα με ακολουθιακή λογική γεγονότων, αλλά και συστήματα συνεχούς λειτουργίας (σειριακός ή παράλληλος). Αναλύει σταδιακά τα ενδεχόμενα βλάβης κάθε στοιχείου και πώς αυτά επιδρούν στο σύστημα σε μορφή δένδρου. Μια απλή μορφή Δένδρου βλαβών, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 23. Στα πιο σύνθετα διαγράμματα, χρησιμοποιούνται τυποποιημένα σύμβολα που προσδιορίζουν τις ενέργειες αποκατάστασης σύμφωνα με το διάγραμμα (Σχήμα 24).

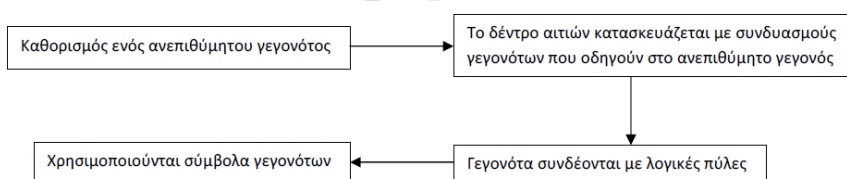
<sup>18</sup> U.S. Nuclear Regulatory Commission (NUREG – 0492), Fault Tree Handbook FTH.

Η ανάλυση δένδρου σφαλμάτων ή μέθοδος δένδρου αιτιών δημιουργήθηκε το 1961 και αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την βελτίωση της αξιοπιστίας του συστήματος εκτόξευσης πυραύλων. Στη συνέχεια η τυποποίηση και εξέλιξη της έγινε σε βιομηχανικούς τομείς όπως η αεροναυπηγική και η χημική βιομηχανία. Είναι η μέθοδος που εφαρμόζεται πιο συχνά για την ανάλυση συστημάτων αξιοπιστίας διαθεσιμότητας και ασφάλειας. Έχει γίνει επίσης κύριο αντικείμενο των αποτελεσμάτων μελετών έρευνας και ανάπτυξης.

Οι στόχοι της ανάλυσης είναι:

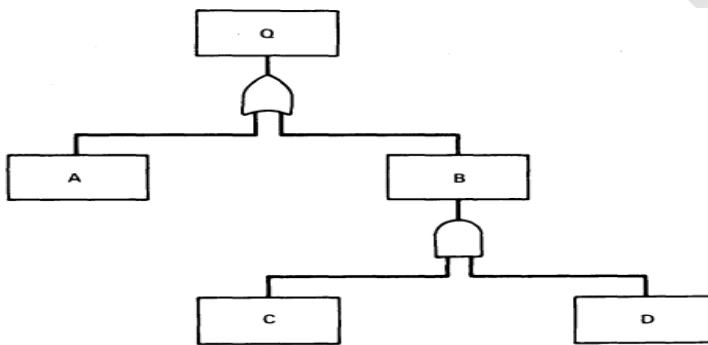
- Να αναγνωριστούν οι διάφοροι πιθανοί συνδυασμοί γεγονότων που οδηγούν σε ένα μεμονωμένο ανεπιθύμητο γεγονός.
- Να απεικονιστούν αυτοί οι συνδυασμοί γραφικά μέσω μιας δομημένης μορφής δένδρου.

Είναι σημαντικό να έχουμε σαφώς διαχωρισμένες αυτές τις δύο απόψεις του δένδρου αιτιών οι οποίες στην πράξη είναι πολύ στενά συνδεδεμένες. Επίσης συνδυασμοί γεγονότων που προσδιορίζονται από άλλες μεθόδους ανάλυσης, μπορούν να αναπαρασταθούν από την ίδια δομή μορφής δένδρου. Το δένδρο αιτιών αναπαριστά συνδυασμούς γεγονότων που οδηγούν σε ένα ανεπιθύμητο γεγονός για το σύστημα και που τοποθετείται στην κορυφή του δένδρου αιτιών. Το δένδρο αιτιών αποτελείται από επίπεδα γεγονότα που συνδέονται με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε γεγονός σε δεδομένο επίπεδο ακολουθείται από γεγονότα στο ακριβώς χαμηλότερο επίπεδο, μέσω διαφόρων λογικών τελεστών – πυλών. Αυτά τα γεγονότα είναι γενικά ελαττώματα που σχετίζονται με αστοχίες εξοπλισμού, ανθρώπινα λάθη, ελαττώματα λογισμικού που πιθανόν να συντελέσουν στο ανεπιθύμητο γεγονός. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να αναγνωριστούν τα λεγόμενα βασικά γεγονότα. Αυτά είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και η πιθανότητα να συμβούν γνωστή. Ένα δένδρο αιτιών δεν είναι ένα μοντέλο παρουσίασης όλων των αστοχιών που συμβαίνουν στο σύστημα. Στην πραγματικότητα είναι ένα μοντέλο της διαδραστικής λογικής μεταξύ γεγονότων που οδηγούν στο ανεπιθύμητο γεγονός.



Το ανεπιθύμητο γεγονός γίνεται το κορυφαίο γεγονός του δένδρου και η ανάλυση έχει ως στόχο να βρεθούν όλες οι αιτίες του. Συχνά το γεγονός αυτό, έχει καταστροφικές συνέπειες. Παρόλα αυτά μπορεί να πρόκειται για μια απλή συστημική αστοχία που επηρεάζει αρνητικά την ασφάλεια και την διαθεσιμότητα της συσκευής. Κάποιες φορές, ίσως χρειάζεται να χαρακτηριστεί σύμφωνα με τις διάφορες αποστολές του συστήματος και την υποκειμενικότητα του αναλυτή οπότε να είναι κατάλληλο να προσδιορισθούν τα ανεπιθύμητα γεγονότα με αναφορά στα διάφορα στάδια λειτουργίας του συστήματος. για παράδειγμα όσον αφορά την πτώση εναέριου φορτίου γερανού ή τα δένδρα αιτιών που αντιστοιχούν στον χειρισμό του

ατυχήματος της πώσης του φορτίου θα είναι διαφορετικά ανάλογα με το αν το ατύχημα συμβαίνει κατά τη διάρκεια ανύψωσης, πώσης, στασιμότητας ή μεταφοράς. Ένα σφάλμα ή αστοχία του συστήματος ή στοιχείου του έχει ως αποτέλεσμα ένα ή περισσότερα σφάλματα ή αστοχίες στοιχείων του συστήματος. Η ανάλυση δένδρου αιτιών έχει ως σκοπό να αναγνωρίσει αρχίζοντας με ένα ανεπιθύμητο γεγονός τα σφάλματα ή τις αστοχίες στοιχείων οι οποίες όταν συνδυαστούν οδηγούν στο ανεπιθύμητο γεγονός. Γενικά αφού τα σφάλματα προκαλούνται από αστοχίες αυτό που είναι σημαντικό είναι να εντοπιστούν οι αστοχίες των στοιχείων. Η ανάλυση δένδρου αιτιών θα συνεχισθεί μέχρι να ανακύψουν βασικά ή στοιχειώδη γεγονότα. Επομένως τέτοια γεγονότα χρειάζεται να ορισθούν με σαφήνεια αφού σημαδεύουν τα όρια της ανάλυσης. Να σημειώσουμε πως η ανάλυση των αιτιών ενός ανεπιθύμητου γεγονότος με το πεδίο εφαρμογής του καθορισμού του συστήματος και των στοιχείων του, των συνόρων και του περιβάλλοντός του.

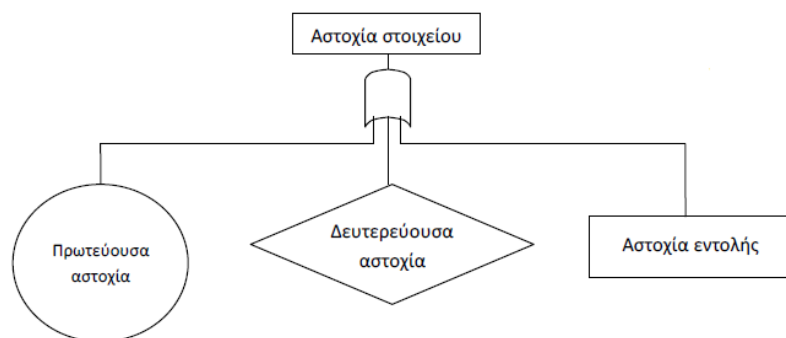


Σχήμα 23: Απλή μορφή Δένδρου Βλαβών

Σύμβολο	Όνομα του συμβόλου	Σημασία του συμβόλου
	ορθογώνιο	Αναπαράσταση ενός γεγονότος (ανεπιθύμητου ή ενδιάμεσου), που προέρχεται από τον συνδυασμό άλλων γεγονότων μέσω μιας λογικής πύλης.
	Κύκλος	Βασικό γεγονός - γεγονός για το οποίο περαιτέρω υποδιαίρεση δεν έγινε επειδή θεωρήθηκε μη αναγκαία. Η πιθανότητα είναι επίσης γνωστή. Πχ μια πρωτεύουσα αστοχία στοιχείου, ένα βασικό ανθρώπινο λάθος, η μη ολότητα ενός στοιχείου λόγω προληπτικής συντήρησης κλ.
	ρόμβος	Μη αναπτυγμένο γεγονός - αναπαράσταση ενός γεγονότος που θα μπορούσε να υποδιακριθεί σε βασικά γεγονότα αλλά αυτό δε γίνεται λόγω έλλειψης πληροφοριών ή μη αναγκαιότητας. Σε αυτή την περίπτωση, τα όρια του συστήματος που μελετάται προσδιορίζονται όταν το γεγονός αυτό αναγνωριστεί.
	διπλός ρόμβος	Αναπαράσταση ενός γεγονότος, του οποίου οι αιτίες θα συγκεκριμενοποιηθούν αργότερα. Προσωρινά η ανάλυση έχει φτάσει τα όριά της (πχ ακατάλληλες πληροφορίες), οι αιτίες του γεγονότος θα αναγνωστούν στη συνέχεια.
	σπίτι	Αναπαράσταση ενός βασικού γεγονότος, που είναι ένα φυσιολογικό συμβάν κατά τη λειτουργία του συστήματος.
	οβάλ	Αναπαράσταση γεγονότος υπό όρους, χρησιμοποιώντας μερικές λογικές πύλες.

Σχήμα 24: Βασικά σύμβολα Ανάλυσης .

οι διαβαθμίσεις των αστοχιών ανάλογα με τις αιτίες τους (πρωτεύουσα, δευτερεύουσα, εντολής) είναι πολύ χρήσιμες για την κατασκευή του δένδρου αιτιών. Παρακάτω απεικονίζεται το δένδρο αιτών ενός στοιχείου.



#### **Κατασκευή δένδρου αιτιών**

Η μέθοδος του δένδρου αιτιών ήταν αρχικά ιδιαίτερα δύσκολο να τυποποιηθεί. Όμως με την σταδιακή εφαρμογή του, αναδύθηκαν αρχές και κανόνες όπως περιγράφονται παρακάτω:

**Αναγνώριση των άμεσων απαραίτητων και επαρκών αιτιών (1<sup>η</sup> αρχή).** Οι άμεσες απαραίτητες και επαρκείς αιτίες (immediate, necessary, sufficient – INS) θα έπρεπε να παρατηρηθούν βήμα – βήμα και όσο πιο αυστηρά γίνεται. Η εξέταση των φυσικών παραμέτρων και των νόμων που διέπουν την συμπεριφορά των στοιχείων, των υποσυστημάτων και του συστήματος μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη σε αυτό το στάδιο.

**Ταξινόμηση των ενδιάμεσων γεγονότων (2<sup>η</sup> αρχή).** Στην αναζήτηση των INS αιτιών του ανεπιθύμητου γεγονότος, βρίσκονται και ταξινομούνται τα ενδιάμεσα γεγονότα έστω Ε<sub>1</sub>. Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες: α) Το ενδιάμεσο γεγονός Ε<sub>1</sub> να είναι βασικό στοιχειώδες γεγονός. β) Το ενδιάμεσο γεγονός Ε<sub>1</sub> να είναι ελάττωμα ενός στοιχείου όπου η σχετιζόμενη αστοχία μπορεί να διαχωριστεί σε πρωτεύουσα, δευτερεύουσα και αστοχία εντολής.

**Ανάλυση των ελαττωμάτων του στοιχείου (3<sup>η</sup> αρχή).** Αμέσως μόλις αναγνωριστεί το ελάττωμα χρησιμοποιείται το ανωτέρω δένδρο αιτιών. Όταν κατά τη διάρκεια αναγνώρισης των INS αιτιών: α) ορίζεται μία πρωτεύουσα αστοχία, τότε λαμβάνεται ένα βασικό γεγονός. β) ορίζονται μία ή περισσότερες δευτερεύουσες αστοχίες, τότε η αναζήτηση των INS αιτιών τους συνεπάγεται τον καθορισμό ενδιάμεσων γεγονότων, συνδεδεμένων με λογικές πύλες. γ) ορίζονται μία ή περισσότερες αστοχίες εντολών, τότε η αναζήτηση των INS αιτιών τους επίσης συνεπάγεται τον καθορισμό ενδιάμεσων γεγονότων συνδεδεμένων με λογικές πύλες.

Αναζήτηση των INS αιτιών ενδιάμεσων γεγονότων μέχρι να ανακύψουν βασικά – στοιχειώδη γεγονότα (4<sup>η</sup> αρχή). Εφαρμόζοντας τις παραπάνω αρχές, βασικά γεγονότα ή καινούρια ενδιάμεσα γεγονότα ανέκυψαν από την ανάλυση των ενδιάμεσων γεγονότων. Αυτές οι αρχές εφαρμόζονται στα νέα ενδιάμεσα γεγονότα μέχρις ότου να ληφθούν μόνο βασικά γεγονότα.

Επαναληπτική προσέγγιση (5<sup>η</sup> αρχή). Στην πράξη είναι συχνά απαραίτητο να επιστρέψουμε σε κάποια χαρακτηριστικά του δένδρου που επισκευάζεται. Ίσως χρειαστεί επαναπροσδιορισμός και πρόσθεση νέων ενδιάμεσων γεγονότων, αλλαγές στην δομή των κλαδιών του δένδρου, πιο ακριβής καθορισμός κάποιου βασικού γεγονότος ή επανακαθορισμός των ορίων που θέτει η ανάλυση. Έτσι η κατασκευή του δένδρου αιτιών γίνεται μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία, μέχρι να ληφθούν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

### **03.04.03 Ανάλυση Εργασιών Συντήρησης (Maintenance Task Analysis).**

Περιλαμβάνει τον καθορισμό όλων εκείνων των πόρων που απαιτούνται προκειμένου ολοκληρωθεί μια εργασία επισκευής – συντήρησης. Πιο συγκεκριμένα, καθορίζονται τα στάδια επισκευής, τα απαιτούμενα ανταλλακτικά, εργαλεία, εξοπλισμό υποστήριξης, δεξιότητες προσωπικού και εγκαταστάσεις υποστήριξης. Προσδιορίζει επίσης και τον απαιτούμενο χρόνο επισκευής με δεδομένα τα παραπάνω μέσα. Βρίσκει εφαρμογή τόσο στην διορθωτική όσο και στην προληπτική συντήρηση.

Η Ανάλυση εργασιών Συντήρησης, ξεκινά με τον προσδιορισμό κάθε σταδίου της επισκευαστικής διαδικασίας. Αναλύονται τα στάδια και αποτυπώνεται γραπτά πως μπορούν να εφαρμοστούν (κατάλογος πιθανών ή απαραίτητων εργασιών - Work Break Down Structure). Στη συνέχεια καθορίζονται οι απαιτούμενοι πόροι:

- Απαιτούμενος αριθμός ανθρώπων συμμετοχής σε κάθε στάδιο.
- Λεπτομερή περιγραφή του τι κάθε άνθρωπος πρέπει να κάνει.
- Χρονική διάρκεια συμμετοχής κάθε ανθρώπου.
- Απαιτούμενα εργαλεία και εξοπλισμός υποστήριξης.
- Ανταλλακτικά που απαιτούνται για κάθε στάδιο επισκευής.

Από τη στιγμή που όλα τα στάδια επισκευής ολοκληρωθούν, αναλύονται τα αποτελέσματα για να καθορισθούν τα κάτωθι:

- Ο συνολικός απαιτούμενος χρόνος για κάθε στάδιο ( έναρξη – λήξη).
- Το απαιτούμενο επίπεδο δεξιοτήτων των εργαζομένων σε κάθε στάδιο προσδιοριζόμενο με βάση τις ελάχιστες τεχνικές δεξιότητες, γνώσεις και εμπειρία.
- Κάθε πρόσθετη εκπαίδευση που πρέπει να παρέχεται για να έχουμε τις βέλτιστες επιδόσεις σε κάθε στάδιο.
- Κάθε περιορισμό στις εγκαταστάσεις όπως: περιορισμένος χώρος, περιβαλλοντολογικοί έλεγχοι, κίνδυνοι υγείας και καθορισμού ελαχίστων απαιτήσεων.

Βασικά κριτήρια της ανάλυσης επιπέδου εργασιών, είναι η ευκολία στην συντήρηση των εξαρτημάτων, η εύκολη πρόσβαση, και η τυποποίηση των ενεργειών. Λαμβάνει υπόψη τους περιορισμούς που έχουν τεθεί από τη φάση σχεδιασμού και κάθε αντικείμενο που δεν συμμορφώνεται σε αυτούς επιστρέφεται για επανασχεδιασμό. Η όλη ανάλυση δίνει αξία στην έννοια της διαθεσιμότητας υλικών, αφού μέσω αυτής μπορεί να επιτευχθεί η σύντμηση του χρόνου επισκευής.



#### **03.04.04: Ανάλυση επιπέδου επισκευής (Level of Repair Analysis – LORA).<sup>19</sup>**

Όπως είναι γνωστό, σε κάθε σύστημα δεν επισκευάζονται όλα τα εξαρτήματα. Όχι τόσο γιατί δεν μπορούμε να τα επισκευάσουμε, όσο διότι η επισκευή τους κρίνεται οικονομικά ή χρονικά ασύμφορη. Κατά συνέπεια η ανάλυση LORA καθορίζει το επίπεδο στο οποίο μπορεί να φτάσει μια επισκευή, προσδιορίζοντας πάντα τον φορέα υλοποίησης. Κάθε ανταλλακτικό πριν τοποθετηθεί στο σύστημα χαρακτηρίζεται επισκευάσιμο ή μη επισκευάσιμο ανάλογα με την ευκολία που υφίσταται να καταστεί πλήρως λειτουργικό και με δεδομένους τους παραγωγικούς πόρους (υλικά – εργασία).

Η ανάλυση LORA μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαδικασία δύο σταδίων όπου καθορίζεται για κάθε ανταλλακτικό αν θα επισκευαστεί ή όχι και σε πιο επίπεδο. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης LORA όταν τροφοδοτηθούν με αξιόπιστα οικονομικά στοιχεία, προκύπτει το E-LORA (Economic – Level of Repair Analysis). Στόχος της ELORA, όταν εφαρμόζεται σωστά είναι να προσδιορίσει με ακρίβεια το κόστος επισκευής ενός εξαρτήματος, λαμβάνοντας υπόψη τους αναλισκόμενους πόρους όπως εργατοώρες, εξοπλισμός υποστήριξης, εκπαίδευση, μεταφορές κ.τ.λ. που απαιτούνται σε κάθε γραμμή επισκευής. Βασίζεται στην ανάλυση ευαισθησίας του συνολικού κόστους κύκλου ζωής του συστήματος, για το πώς αυτό επηρεάζεται κοστολογώντας τους αναλισκόμενους πόρους επισκευής σε σχέση με το κόστος αντικατάστασης του βεβλαμένου εξαρτήματος με καινούριο.

##### Non-Economical LORA

Σε αντίθεση με την ανάλυση E – LORA μπορεί να ακολουθηθεί και η ανάλυση Non Economical LORA ή και οι δύο μαζί. Η Non Economical LORA βασίζεται σε μια σειρά προκαθορισμένων ερωτήσεων όπως παρουσιάζονται παρακάτω με σκοπό να ληφθούν υπόψη διάφοροι περιορισμοί επισκευής όπως υποβάλλονται από τον πελάτη ή να ληφθούν υπόψη κριτήρια επιχειρησιακών και περιβαλλοντολογικών περιορισμών.

Χρησιμοποιώντας το δέντρο NAI – ΟΧΙ, δίνεται μια απάντηση με βάση τη λογική. Η διαδικασία από μόνη της οδηγεί στην υιοθέτηση της καταλληλότερης στρατηγικής επισκευής και του επιπέδου επισκευής για κάθε διορθωτική επισκευαστική διαδικασία. Οι ερωτήσεις καθορίζουν αν ένα ελαττωματικό εξάρτημα ή παρελκόμενο του συστήματος πρέπει να αντικατασταθεί με νέο ή να επισκευαστεί με βάση τους ελάχιστους δυνατούς αναλισκόμενους πόρους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε όλες τις δραστηριότητες επισκευής όπως: τεχνικές διάγνωσης, προϋποθέσεις προσβασιμότητας, διαδικασίες επαλήθευσης, αναλισκόμενος χρόνος δραστηριοτήτων, αρνητικές επιπτώσεις στο επιχειρησιακό περιβάλλον κ.α.

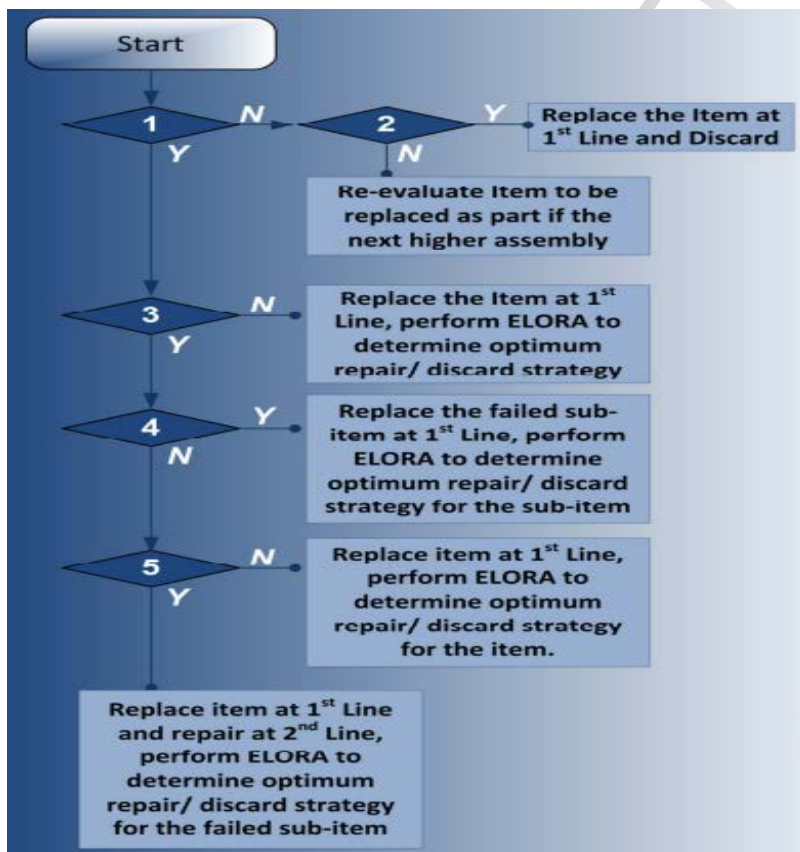
Συνήθως υιοθετείται η τακτική συνδυασμού της E – LORA και NON Economic LORA. Δηλαδή η τεκμηρίωση των απαντήσεων με την μεθοδολογία της E – LORA.

<sup>19</sup> MIL – STD 1390 , Military Standard, Level of Repair Analysis, Department of Defense Washington 2002.

Οι ερωτήσεις που διενεργούνται είναι :

- 1) Είναι ο σχεδιασμός του ανταλλακτικού τέτοιος που να καθίσταται εφικτή η επισκευή;
- 2) Είναι τα χαρακτηριστικά επισκευής και τοποθέτησης του ανταλλακτικού στο σύστημα τέτοια που να διευκολύνεται η αντικατάσταση ή επισκευή σε πρώτο επίπεδο;
- 3) Τα απαιτούμενα εξαρτήματα επισκευής του ανταλλακτικού είναι εύκολα προμηθεύσιμα;
- 4) Είναι τα χαρακτηριστικά επισκευής του ανταλλακτικού τέτοια που να επιτρέπουν την αντικατάσταση των βεβλαμμένων εξαρτημάτων;
- 5) Η διαχείριση της διαμόρφωσης (configuration) του ανταλλακτικού αποτελείται από εξαρτήματα τα οποία προμηθεύονται από πολλούς προμηθευτές;

Στο παρακάτω Σχήμα 25 αποτυπώνονται οι ερωτήσεις LORA σε λογικό δέντρο και οι απαιτούμενες ενέργειες μετά από κάθε απάντηση.



Σχήμα 25

Η ανάλυση E – LORA παρέχει την απαιτούμενη επισκευαστική στρατηγική βασιζόμενη σε οικονομική αιτιολόγηση. Επίσης δίνεται προσοχή στα φυσικά χαρακτηριστικά και στα χαρακτηριστικά επισκευής του ανταλλακτικού. Στο πρότυπο MIL-STD-1390 περιγράφονται διάφορα μοντέλα LORA όπως αυτό των αεροπορικών ηλεκτρονικών συστημάτων της Πολεμικής Αεροπορίας το οποίο επικεντρώνεται σε πέντε βασικούς οδηγούς κόστους:

A) Κόστος επένδυσης (περιλαμβάνει το διοικητικό κόστος επένδυσης, κόστος αποσβέσεων, μεταφορών κ.α.

B) Εξοπλισμός υποστήριξης και εγκαταστάσεις (εργαλεία και εξοπλισμός απαιτούμενος για την υποστήριξη σε συγκεκριμένο επίπεδο επισκευής).

Γ) Κόστος εργασίας. Το προβλεπόμενο κόστος εργατοωρών για την ολοκλήρωση κάθε επισκευαστικής εργασίας.

Δ) Κόστος εκπαίδευσης. Το κόστος αναβάθμισης και παροχής της απαραίτητης εκπαίδευσης στο προσωπικό για συγκεκριμένες εργασίες επισκευής σε προκαθορισμένο χώρο.

Ε) Έγγραφα: Το κόστος δημιουργίας των απαιτούμενων εγχειριδίων παροχής και τυποποίησης οδηγιών επισκευής για κάθε στάδιο.

Στο σημείο αυτό προκειμένου γίνει πιο κατανοητή η ανάλυση LORA, είναι σκόπιμο να μιλήσουμε για τα επίπεδα επισκευής (level of repair analysis). Υπάρχουν τέσσερα επίπεδα ανάλυσης τα οποία στην ουσία καθορίζουν τις ενέργειες επισκευών κάθε φορά ανάλογα με τη φύση του υλικού.

Επίπεδο 1. (level 1 or 0 level) ή αλλιώς οργανική συντήρηση (Organizational Maintenance). Είναι η συντήρηση που διενεργείται κατά κύριο λόγο από τον κάτοχο – ιδιοκτήτη του συστήματος – ανταλλακτικού. Περιλαμβάνει συνήθως περιοδικές επιθεωρήσεις - ελέγχους λειτουργίας για την εξεύρεση της βλάβης και την αντικατάσταση βασικών βεβλαμμένων εξαρτημάτων με αντίστοιχα λειτουργικά. Οι παράγοντες που στην ουσία καθορίζουν και εδώ το επίπεδο επισκευών είναι τα κατεχόμενα εργαλεία οι κατεχόμενες συσκευές ελέγχου και η εκπαίδευση προσωπικού. Οι ενέργειες που συντελούνται σε αυτό το επίπεδο για την αποκατάσταση της λειτουργικότητας είναι βραχυχρόνιες και συνήθως δεν διαρκούν πάνω από μία ώρα. Στη διεθνή βιβλιογραφία μπορούμε να την συναντήσουμε και ως 0 level.

Επίπεδο 2. (level 2 or level 1) ή αλλιώς ενδιάμεση συντήρηση (Intermediate Maintenance). Το επίπεδο επισκευής ανεβαίνει μία κλίμακα σε σχέση με το προηγούμενο. Εδώ συναντάμε πιο εξειδικευμένους τεχνικούς με αρτιότερα εργαλεία και εξοπλισμό πάντα με τον ίδιο σκοπό αλλά με αναβαθμισμένες υπηρεσίες.

Επίπεδο 3. (level 3 or D level) ή αλλιώς συντήρηση απόθεσης (Depot Maintenance). Η επισκευή που δεν μπορεί να διενεργηθεί στα δύο προηγούμενα επίπεδα περνά στο επόμενο D level. Εδώ η διαδικασία επισκευής περιλαμβάνει όλους τους διαθέσιμους πόρους που απαιτούνται προκειμένου η συσκευή να

καταστεί εφικτή. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές εγκαταστάσεις και ένα μεγάλο εύρος εργαλείων και συσκευών με αρτιότατη εξειδικευμένη γνώση του προσωπικού. Πιο συγκεκριμένα στο στάδιο αυτό διενεργούνται κατασκευές βασικών ανταλλακτικών του συστήματος, γενικές επισκευές συστημάτων, ανακατασκευές και πλήρης αποσυναρμολογήσεις - συναρμολογήσεις.

Επίπεδο 4. (Contractor Maintenance) συντήρηση που εκτελείται από τον πάροχο του συστήματος (κατασκευαστή). Πλέον των ανωτέρω επιπέδων υφίσταται και το Νο 4 το οποίο θα πρέπει να πούμε ότι δεν συντελείται πάντα από όλες τις χώρες. Για λόγους που οφείλονται σε διακρατικές συμφωνίες που δεσμεύονται από αντίστοιχες συμβάσεις, όλες οι διεργασίες του προηγούμενου επιπέδου συντελούνται από τον κατασκευαστή για λόγους εχεμύθειας και διασφάλισης πατέντας. Τέτοιου είδους επισκευές συναντάμε σε πολυσύνθετα και προηγμένα οπλικά συστήματα.

Όλα τα παραπάνω μπορούν εύκολα να γίνουν κατανοητά με ένα παράδειγμα χρησιμοποιώντας ένα πλοίο του Πολεμικού Ναυτικού το οποίο μάλιστα βρίσκεται σε αποστολή (εν πλω). Ξαφνικά και για άγνωστη αιτία το radar στόχευσης του πλοίου δεν λειτουργεί με αποτέλεσμα να μην μπορεί το πλοίο να εκτελέσει εκπαιδευτικά πυρά. Το κέντρο ελέγχου βλαβών πλοίου δείχνει ότι η βλάβη οφείλεται σε σφάλμα του τροφοδοτικού (power supply). Οι ενέργειες που γίνονται από εξειδικευμένο προσωπικό του πλοίου για την αποκατάσταση λειτουργίας του τροφοδοτικού αποτελούν το επίπεδο 1. Όταν το προσωπικό του πλοίου δεν μπορεί να επισκευάσει την βλάβη τότε καλείται πιο καταρτισμένο προσωπικό από τα συνεργεία του ναυστάθμου για να καταστεί το τροφοδοτικό λειτουργικό (επίπεδο 2). Όταν ούτε το πιο εξειδικευμένο προσωπικό δεν μπορεί να αποκαταστήσει τη βλάβη, τότε το τροφοδοτικό εξαρμώνεται και αποστέλλεται στα συνεργεία του ναυστάθμου για εκτεταμένη επισκευή (επίπεδο 3). Αν συντρέχουν λόγοι της προηγούμενης παραγράφου τότε το τροφοδοτικό αποστέλλεται στην κατασκευάστρια εταιρεία για εκτεταμένη επισκευή (επίπεδο 4).

Το πιο επιθυμητό επίπεδο επισκευής είναι το επίπεδο 1 (organizational level) γιατί πολύ απλά όταν η συσκευή καταστεί λειτουργική σε αυτό το επίπεδο δεν απαιτούνται τα επόμενα και κατά συνέπεια δεν αναλώνονται επιπλέον πόροι και το κόστος ελαχιστοποιείται. Από την άλλη πλευρά όμως είναι αδύνατον να επισκευάζονται τα πάντα στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο. Στο παράδειγμα του Πολεμικού πλοίου, θα χρειαζόμασταν άλλο ένα πλοίο υποστήριξης δίπλα του για να μπορούν να γίνουν όλα στο επίπεδο 1, πράγμα αδύνατον. Για το λόγο αυτό, καθορίζονται από πριν ποιες συσκευές και ποιες βλάβες επισκευάζονται σε κάθε επίπεδο, προκαθορίζοντας το επίπεδο κατάρτισης του προσωπικού και των διατιθέμενων εργαλείων.

Όμως πολλές φορές είναι οικονομικά πιο συμφέρον να αποσύρουμε τη βεβλαμμένη συσκευή αντικαθιστώντας τη με καινούρια, παρά να την επισκευάσουμε. Υπάρχει μία συγκεκριμένη μεθοδολογία που μας βοηθά να αποφασίσουμε για το εάν συμφέρει να επισκευάσουμε μία συσκευή ή να την αντικαταστήσουμε με καινούρια. Αυτή η απόφαση εξαρτάται από τη σύγκριση του κόστους επισκευής με το κόστος αντικατάστασης με καινούριο. Στη μέθοδο που θα αναλύσουμε αμέσως παρακάτω, υπάρχει ο παράγοντας N. Η μεταβλητή αυτή απεικονίζει το προκαθορισμένο αποδεκτό επίπεδο αποδοχής του κόστους επισκευής της συσκευής ως ποσοστό του κόστους προμήθειας καινούριας. Το ποσοστό αυτό επί της ουσίας προκαθορίζεται

από το επιτελείο άμυνας ή από τον κατασκευαστή ο οποίος ενίοτε προτείνει ως μη συμφέρουσα την επισκευή της. Το ποσοστό αυτό δεν μπορεί να υπερβαίνει το 60% του κόστους προμήθειας καινούριου. Βέβαια θα πρέπει να πούμε ότι η μεθοδολογία αυτή έχει νόημα όταν υφίσταται η δυνατότητα από τον κατασκευαστή προμήθειας καινούριου. Αν κάτι τέτοιο δεν μπορεί να γίνει λόγω του ότι το υλικό είναι παρωχημένο (obsolete), τότε η λύση της επισκευής είναι μονόδρομος προκειμένου να αποφύγουμε την απαξίωση ολόκληρου του συστήματος.

Formula IF (if fails)

Όταν  $(MTBF_2/MTBF_1)N < (L + M)/P$  τότε η επισκευή δεν συμφέρει και η συσκευή πρέπει να αντικατασταθεί με καινούρια. Όπου:

$MTBF_1$  = MTBF καινούριας συσκευής.

$MTBF_2$  = MTBF επισκευασμένης συσκευής.

N = Προκαθορισμένο ποσοστό αποδοχής.

L = Απαιτούμενη εργασία για την επισκευή (χρόνος).

M = Απαιτούμενα υλικά για την επισκευή (κόστος).

P = Τιμή προμήθειας καινούριου.

Στο παραπάνω παράδειγμα επισκευής του τροφοδοτικού Πολεμικού Πλοίου έχουμε τα εξής στοιχεία:

$MTBF_1 = 1000$  ώρες

$MTBF_2 = 800$  ώρες

L = 20 ώρες

M = 40 χρηματικές μονάδες

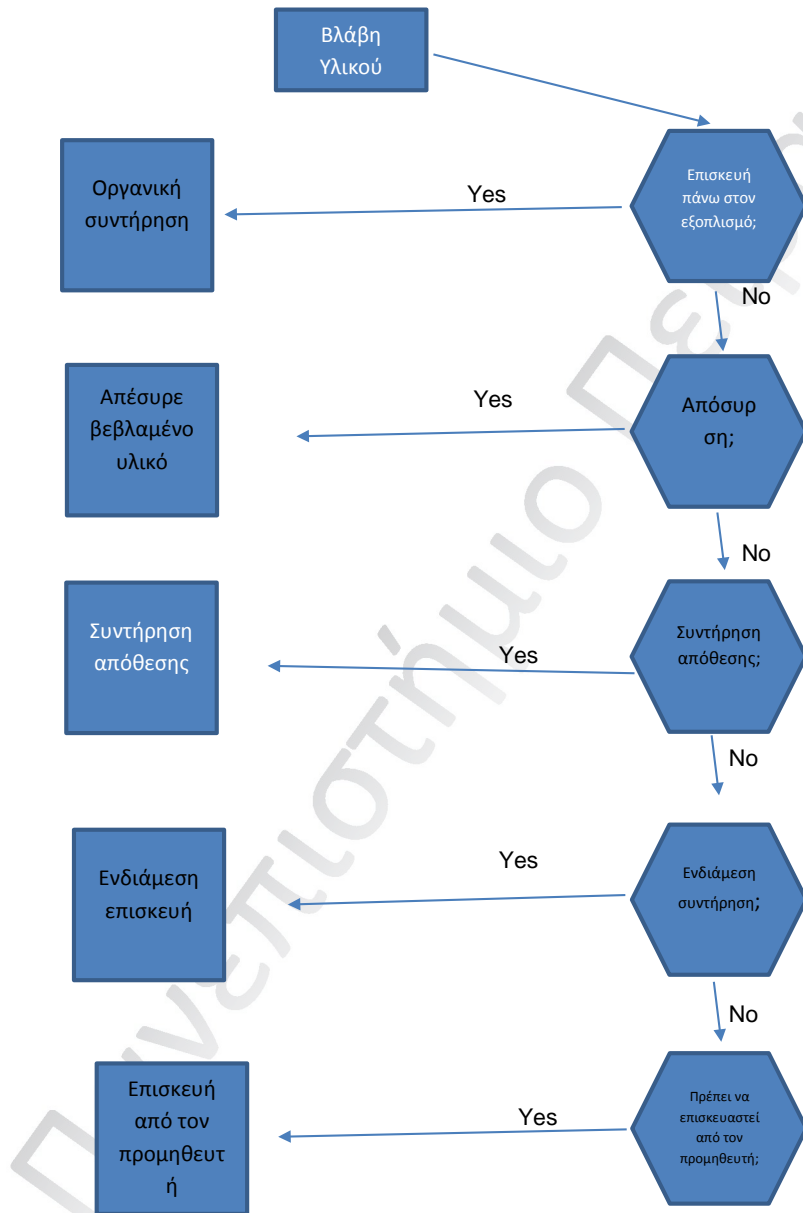
P = 500 χρηματικές μονάδες

N = 60%

**Επειδή  $0,48 > 0,12$  τότε συμφέρει η επισκευή του**

**τροφοδοτικού.**

Στο παρακάτω σχήμα 26 αποτυπώνονται σε μορφή λογικού δέντρου οι ενέργειες που ακολουθούνται μόλις μία συσκευή αποτύχει:



Σχήμα26

Η εφαρμογή ενός προγράμματος LORA , συνεπάγεται την ενεργή συμμετοχή των εμπλεκόμενων επιτελείων και κατασκευαστή (παρόχου). Τα επιτελεία είναι υπεύθυνα για δύο συγκεκριμένες ενέργειες που πρέπει να ολοκληρωθούν πριν την υπογραφή οποιουδήποτε συμβολαίου. Αυτές είναι: (1) Ανάπτυξη του Non Economic LORA και (2) επιλογή του καταλληλότερου E – LORA μοντέλου. Ο πάροχος είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή των αποφάσεων του επιτελείου ως προς τα non economical κριτήρια χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο μοντέλο LORA προσδιορίζοντας την απαιτούμενη συντήρηση και τις οδηγίες επισκευής των βλαβημένων συσκευών. Το τελικό αποτέλεσμα πρέπει πάντοτε να επικυρώνεται από τα επιτελεία πριν ο πάροχος ξεκινήσει την ανάπτυξη του συστήματος. Το μοντέλο LORA, σχεδιάζεται για να καθορίσει πιο επίπεδο συντήρησης με το λιγότερο δυνατό κόστος επισκευαστικών διεργασιών του ωφέλιμου χρόνου ζωής ενός ανταλλακτικού.

Όλα τα μοντέλα LORA, χρησιμοποιούν δύο ειδών δεδομένων: τις σταθερές και τις μεταβλητές. Σταθερές είναι συνήθως αξίες που παρέχονται από τον πελάτη και εφαρμόζονται σε κάθε μαθηματικό τύπο του μοντέλου, όπως ο αριθμός των συστημάτων που υποστηρίζεται από το ανταλλακτικό, στοιχεία πληθωρισμού, κόστος εργατοώρας, ώρες λειτουργίας κ.α. Μεταβλητές είναι οι αξίες που μεταβάλλονται ανάλογα με το υπό εξέταση ανταλλακτικό όπως κόστος αναλωσίμων ανταλλακτικών, MTBF, MTTR κ.α. Το μοντέλο προϋπολογίζει το κόστος κάθε σεναρίου, συγκρίνει τα αποτελέσματα για να καθορίσει πιο σενάριο επιφέρει το χαμηλότερο κόστος. Για παράδειγμα λειτουργώντας το μοντέλο για ένα υλικό, αυτό υπολογίζει το κόστος απόσυρσης (μη επισκευής), το κόστος της οργανικής, ενδιάμεσης και αποθετικής συντήρησης επιλέγοντας αυτό με το μικρότερο κόστος. Στην παρακάτω ανάλυση που ακολουθεί, θα εφαρμόσουμε το μοντέλο LORA για ένα ανταλλακτικό συστήματος αεροπλάνου F-16 προκειμένου να προσδιορίσουμε πιο επίπεδο επισκευής επιφέρει το χαμηλότερο μελλοντικό κόστος. Οι βασικοί τύποι για να υπολογίσουμε το κόστος επισκευής ενδιάμεσης και αποθετικής συντήρησης είναι:

$$DC = SE + ESM + TD + TNG + SS + PS + RP + L$$

$$IC = SE + SEM + TD + TNG + S + L$$

Όπου:

SE = Support equipment

SEM = Support equipment maintenance

TD = Technical documentation

TNG = Training

SS = Safety stock

S = Shipping/stocking spares

PS = PHS&T of failed items

RP = Repair pipeline

L = Labor required to repair item

DC = Depot costs

IC = Intermediate cost

Περιγραφή: Control Assembly

Cost: 5.000\$

QPEI: 2 (ανταλλακτικά σε κάθε συσκευή)

Αεροπλάνα F - 16: 500

Μοίρες: 20 (25 αεροπλάνα/ μοίρα)

Προσδόκιμο ζωής: 10 χρόνια

Ώρες πτήσης ανά μήνα: 20

Flt hrs between failure (MTBF): 10

Από το λογικό δένδρο αποφάσεων (Decision tree result) σχήμα 26, γνωρίζουμε ότι:

60% repairs on equipment

5% Discard

10% Depot must repair

10% Obvious field repair

15% RLA model

LORA repairs per month: 300 =

Αριθμός Αεροπλάνων X Ώρες πτήσης ανά μήνα / MTBF X QPEI X % =

$500 \times 20/10 \times 2 \times 15\% = 300$  επισκευές το μήνα για τις οποίες απαιτείται  
ανάλυση RLA.

Στη συνέχεια παραθέτουμε τα δεδομένα και με τη βοήθεια αυτών προσδιορίζουμε  
τα κόστη.

Δεδομένα περίπτωσης επισκευής απόθεσης.

SE = 50.000\$

SEM = αμελητέο

TNG = 5.000\$

TD = καθόλου

PHS&T for failed item = 150\$

Safety Stock level = 15 days

Repair TAT = 60 days

Labor cost = 12 \$ per hour

Avg hour per repair = 2,5h

Υπολογισμός συνολικού κόστους

SE = 50.000\$

SEM = 0

TD = 5.000\$

SS = 750.000\$

( SS = Repairables/Month X Safety level X Unit price =  
 $300 \times 0.5(15 \text{ days}) \times 5.000 = 750.000\$$ )

PS = 5.400.000\$

(PS = Repairables/Month X Month Expectancy X Cost PHS&T  
 $= 300 \times 120 \times 150 = 5.400.000\$$ )

RP = 3.000.000\$

(RP = Repairables/Month X TAT X Unit price  
 $= 300 \times 2(\text{months}) \times 5.000\$ = 3.000.000\$$ )



$$L = 1.080.000\$$$

$$(L = \text{Repairables/Month} \times \text{Months} \times \text{Labor rate} \times \text{Hrs/repair} \\ = 300 \times 120 \times 12\$ \times 2.5 = 1.080.000\$)$$

Δεδομένα περίπτωσης ενδιάμεσης επισκευής

$$SE = 100.000\$ \text{ ανά μοίρα} \quad SEM = 1\% \text{ per year} \quad TNG = 30.000\$ \text{ ανά μοίρα}$$

$$TD = 100.000\$ \quad \text{Cost of stocking parts} = 120\$ \text{ per day} \\ \text{Repair TAT} = 8 \text{ days} \quad \text{Labor cost} = 5 \$ \text{ per hour} \quad \text{Avg hour per repair} = 2,5h$$

Υπολογισμός συνολικού κόστους

$$SE = 2.000.000\$$$

$$(SE = SE \text{ per squadron} \times \text{No of Squadron} = 100.000 \$ \times 20 = 2.000.000\$)$$

$$SEM = 200.000\$$$

$$(SEM = SE \text{ per squadron} \times \text{Maintain cost} \times \text{Years used} \times \text{No of Squadron} \\ = 100.000 \times 0,01 \times 10 \times 20 = 200.000\$)$$

$$TD = 100.000\$$$

$$TNG = 600.000\$$$

$$(TNG = \text{Unit cost} \times \text{No of Squadron} = 30.000\$ \times 20 = 600.000\$)$$

$$S = 4.320.000\$$$

$$(S = \text{Cost of stocking parts} \times \text{Failure/month} \times \text{No of months} \\ = 120 \times 300 \times 120 = 4.320.000\$)$$

$$L = 450.000\$$$

$$(L = \text{Failure/month} \times \text{No of months} \times \text{Labor cost} \times \text{Hrs/repair} \\ = 300 \times 120 \times 5 \times 2.5 = 450.000\$)$$

Συνοψίζοντας έχουμε τα εξής συμπεράσματα

Στοιχεία	Ενδιάμεση	Απόθεση
SE	2.000.000	50.000
SEM	200.000	0
TD	100.000	0
TNG	600.000	5.000
S	4.320.000	NA
SS	NA	750.000
PS	NA	5.400.000
RP	NA	3.000.000
L	450.000	1.080.000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>7.670.000\$</b>	<b>10.285.000\$</b>

Παρατηρούμε από το αποτέλεσμα ότι η επισκευή θα πρέπει να εκτελεστεί στο ενδιάμεσο επίπεδο λόγω χαμηλότερου κόστους. Φυσικά αυτό που θα πρέπει να τονίσουμε είναι ότι το αποτέλεσμα αυτό εξαρτάται από το γεγονός ότι έχουμε μία βλάβη ανά δέκα ώρες λειτουργίας. Αν με κάποιο τρόπο μπορούσαμε να αυξήσουμε την αξιοπιστία του control assembly έτσι ώστε να έχουμε μία βλάβη ανά είκοσι ώρες, τότε το αποτέλεσμα θα ήταν εντελώς διαφορετικό και αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα:

Στοιχεία	Ενδιάμεση	Απόθεση
SE	2.000.000	50.000
SEM	200.000	0
TD	100.000	0
TNG	600.000	5.000
S	2.160.000	NA
SS	NA	375.000
PS	NA	2.700.000
RP	NA	1.500.000
L	225.000	540.000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5.285.000\$</b>	<b>5.170.000\$</b>

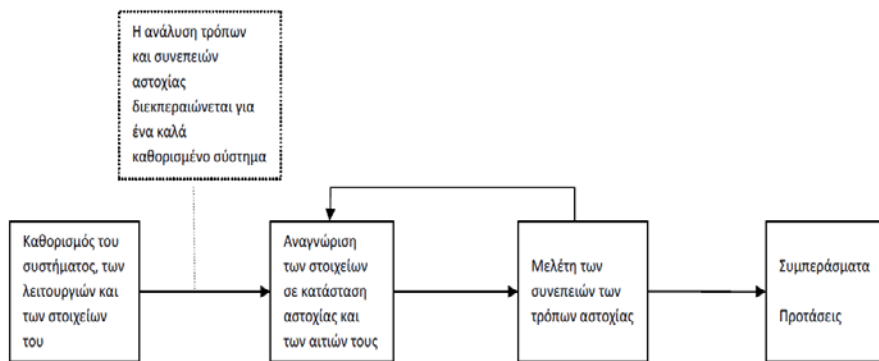
Στην περίπτωση αυτή παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα της ανάλυσης LORA ανατρέπονται και μας δείχνουν ότι οι επισκευές θα πρέπει να διενεργηθούν στο επίπεδο της απόθεσης με αισθητά χαμηλότερο κόστος.

Στις μέρες μας φυσικά δεν καθόμασταν να υπολογίσουμε ξεχωριστά το κόστος κύκλου ζωής κάθε ενός ανταλλακτικού με τον τρόπο που παρουσιάστηκε παραπάνω. Σύγχρονα προγράμματα ERP αναλύουν τα δεδομένα προτάσσοντας τις βέλτιστες λύσεις σε επίπεδο σχεδιασμού, κόστους, και διαδικασιών επισκευής. Η ανάλυση LORA είναι η πιο σημαντική διαδικασία του Integrated Logistic Support. Τα αποτελέσματά της καταδεικνύουν ποιες εργασίες συντήρησης πρέπει να γίνουν και που. Είναι αυτή η μοναδική απόφαση που οδηγεί την ανάπτυξη όλων των διεργασιών υποστήριξης του συστήματος. Οι αποφάσεις που παίρνονται ως αποτέλεσμα της ανάλυσης LORA καταδεικνύουν: (1) Ποια καθήκοντα συντήρησης πρέπει να συμπεριληφθούν στα τεχνικά εγχειρίδια, (2) Ποια ανταλλακτικά και

εξαρτήματα πρέπει να εφοδιαστούν σε κάθε επίπεδο επισκευών, (3) Ποια εργαλεία και εξοπλισμός ελέγχου απαιτούνται για κάθε επίπεδο συντήρησης. (4) Το προσωπικό που απαιτείται και με ποιο επίπεδο εκπαίδευσης, (5) Ελάχιστες απαιτούμενες εγκαταστάσεις υποστήριξης των επισκευών, (6) Τις επιρροές της συντήρησης στο κόστος κύκλου ζωής. Η ανάλυση LORA είναι πολύ σημαντική και πρέπει να διενεργείται πριν την υλοποίηση οποιουδήποτε εξοπλιστικού προγράμματος.

#### **03.04.05: Ανάλυση κατάστασης επιδράσεων και κρισιμότητας βλαβών (Failure Mode Effects and Criticality Analysis – FMECA)<sup>20</sup>.**

Η μέθοδος ανάλυσης καταστάσεων και επιπτώσεων αστοχίας (FMEA) χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά την δεκαετία του 1960 στην αεροναυπηγική στην ανάλυση της ασφάλειας των αεροσκαφών. Από τότε η χρήση της υπαγορεύει τις ρυθμιστικές αρχές για μελέτες ασφάλειας των αεροπλάνων, στην ασφάλεια των πυρηνικών εγκαταστάσεων. Μελετά τις πιο πιθανές αιτίες και συνέπειες που επηρεάζουν τα στοιχεία ενός συστήματος. Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των συνεπειών αστοχίας των στοιχείων ενός συστήματος και στην αναγνώριση των καταστάσεων αστοχίας που επηρεάζουν σημαντικά την διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια του συστήματος. Υπάρχουν τέσσερα στάδια κατά τη διαδικασία ανάλυσης καταστάσεων και επιπτώσεων βλαβών όπως παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα 27



Σχήμα 27

Επίσης απαιτούνται οι εξής πληροφορίες:

<sup>20</sup> MIL – STD 1629A Military Standard Procedures for Performing a Failure Mode Effects & Criticality Analysis (FMECA) Department of Defense, Washington 1990

- Οι κύριες λειτουργίες του συστήματος.
- Τα λειτουργικά όρια του συστήματος ως σύνολο όπως και αυτά των στοιχείων του.
- Οι προδιαγραφές της λειτουργίας του συστήματος και των στοιχείων του, όπως και προδιαγραφές που αφορούν το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται.

Το επίπεδο κατάρρευσης του συστήματος θα πρέπει επίσης να καθορίζεται σύμφωνα με τα στοιχεία για τα οποία είναι διαθέσιμες αρκετές πληροφορίες. Ενδέχεται το αίτιο αστοχίας να προέρχεται από εξωτερικό αίτιο αστοχίας ενός άλλου στοιχείου. Τα αίτια και οι καταστάσεις αστοχίας καθορίζονται στο πλαίσιο μιας επαναληπτικής ανάλυσης συμπεριλαμβάνοντας και την μελέτη των επιπτώσεων.

Οι καταστάσεις αστοχίας, οι επιπτώσεις και η ανάλυση κρισιμότητας (FMECA), στην οποία αναλύεται η πιθανότητα να συμβεί κάποια αστοχία και το επίπεδο κρισιμότητας των συνεπειών της κάθε αστοχίας είναι μία φυσική επέκταση της FMEA. Η FMECA πέραν της ανάλυσης FMEA περιλαμβάνει την ανάλυση κρισιμότητας που βοηθά την εκτίμηση της πιθανότητας – σοβαρότητας κάθε αστοχίας στο σύστημα.

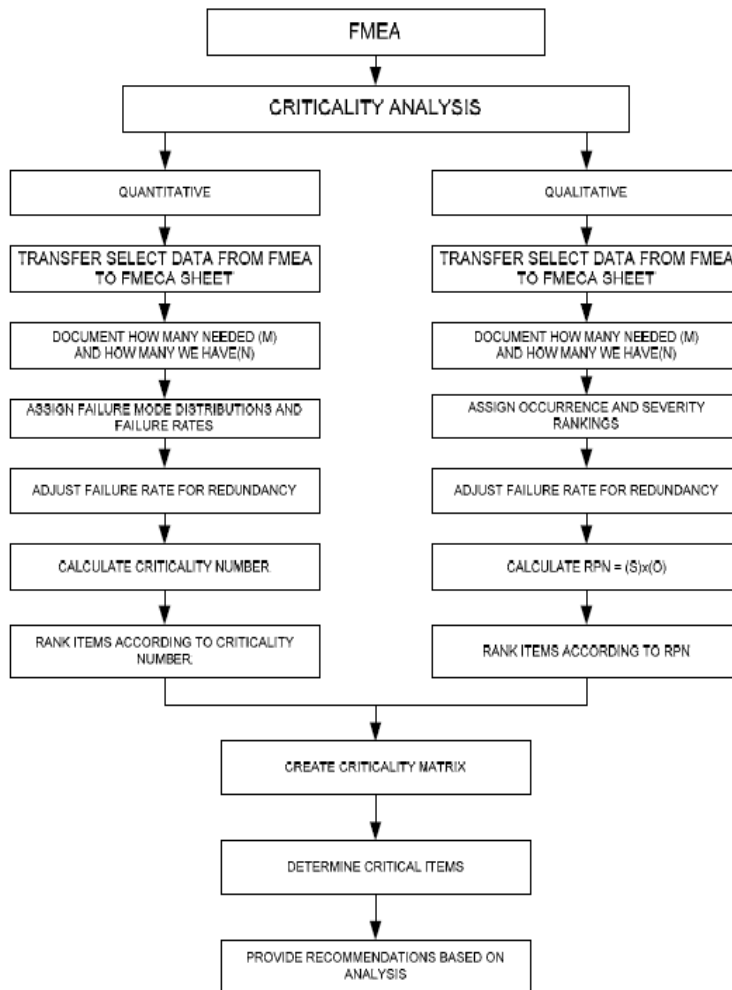
Για να εκτιμηθεί η σοβαρότητα των διαφόρων τρόπων αστοχίας, οι επιπτώσεις της αστοχίας αντιστοιχούνται σε ένα επίπεδο σοβαρότητας. χρησιμοποιούνται 4 διαβαθμίσεις συνδεδεμένες με τις επουσιώδης, σημαντικές, κρίσιμες ή καταστροφικές συνέπειες της αστοχίας. Για να καθορισθεί η κρισιμότητα της αστοχίας συνυπολογίζεται το ζεύγος πιθανότητα – σοβαρότητα. Όσο πιο μεγάλη η πιθανότητα και πιο σοβαρές οι επιπτώσεις, τόσο πιο κρίσιμη θεωρείται η αστοχία και τόσο πιο ζωτικής σημασίας είναι να παρθούν διορθωτικά μέτρα. Συνήθως για την διαβάθμιση των αστοχιών με τα κριτήρια χρησιμοποιείται ο παρακάτω πίνακας.

Σοβαρότητα \ Πιθανότητα	Πιθανότητα			
	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
Διαβάθμιση I ή μικρές επιπτώσεις				
Διαβάθμιση II ή σημαντικές επιπτώσεις				
Διαβάθμιση III ή κρίσιμες επιπτώσεις				
Διαβάθμιση IV ή καταστροφικές επιπτώσεις				

Τα αποτελέσματα της μεθόδου FMEA παρέχουν ένα μοντέλο μιας συστηματικής και πολύ ολοκληρωμένης πρώτης ανάλυσης των τρόπων αστοχίας των στοιχείων, των αιτιών τους και των επιπτώσεων τους στο σύστημα. Έτσι μπορεί να εκτιμηθεί και ο αντίκτυπός τους στην αξιοπιστία.

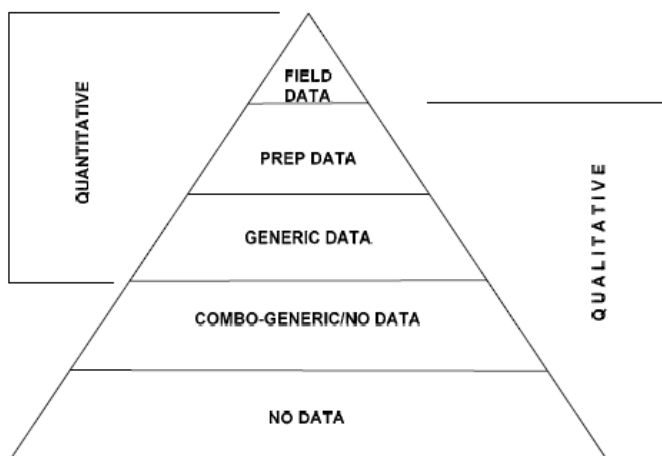
**Μεθοδολογία Ανάλυσης Κρισιμότητας (C.A. Criticality Analysis).**

Η ανάλυση κρισιμότητας μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας ποσοτικές ή ποιοτικές μεταβλητές ή και τα δύο, ανάλογα με το τι πληροφορίες είναι διαθέσιμες. Μας βοηθά να προσδιορίσουμε την αξιοπιστία και την σοβαρότητα επιρροής μιας βλάβης ενός εξαρτήματος στο σύστημα. Η διαθεσιμότητα στοιχείων βλαβών και του Configuration Management καθορίζουν επί της ουσίας πια μέθοδος ανάλυσης θα ακολουθηθεί. Στο παρακάτω σχήμα 28 αποτυπώνεται διαγραμματικά η διαδικασία της ανάλυσης κρισιμότητας.



Σχήμα 28

Η ποσοτική μέθοδος χρησιμοποιείται όταν στοιχεία και ποσοστά βλαβών καθώς και οι πιθανότητες των επιδράσεών τους στο σύστημα είναι γνωστά. Από την ανάλυση των μεταβλητών αυτών προκύπτει ο αριθμός κρισιμότητας που χρησιμοποιείται στην προτεραιοποίηση εκείνων των ανταλλακτικών του συστήματος που η βλάβη τους ενδέχεται να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην λειτουργία του. Η ποιοτική μέθοδος χρησιμοποιείται όταν δεν είναι διαθέσιμα στοιχεία και πιθανότητες βλαβών. Στηρίζεται σε στοιχεία που προσδιορίζονται από την ομάδα αναφορικά με την σοβαρότητα που επιφέρει μια βλάβη στο σύστημα και την πιθανότητα αυτή να εμφανιστεί. Εντοπίζονται έτσι οι <περιοχές> εκείνες του συστήματος που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής ως προς το σχεδιασμό και την αξιοπιστία τους δεδομένης της κρισιμότητας λειτουργίας τους στο σύστημα. Στο παρακάτω σχήμα 29 αναπαρίστανται τα διάφορα επίπεδα δεδομένων που μπορεί να έχει στην διάθεσή της η ομάδα και ποια από αυτά χρησιμοποιεί η ποσοτική και η ποιοτική ανάλυση.



Σχήμα 29

Πριν συνεχίσουμε την ανάλυσή μας είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ότι η ανάλυση κρισιμότητας FMECA, πρωτίστως χρησιμοποιεί τα δεδομένα της ανάλυσης FMEA τα οποία είναι διάφορα στοιχεία αναγνώρισεως των υλικών και υποσυστημάτων, επιδράσεις βλαβών, βαθμονόμηση σοβαρότητας κ.α.

### Ποσοτική Ανάλυση Κρισιμότητας

Η ποσοτική ανάλυση μπορεί να διεξαχθεί από την στιγμή που υφίστανται ποσοτικά δεδομένα πληροφοριών από την ανάλυση FMEA. Στον παρακάτω πίνακα 3-1 αποτυπώνεται η ποσοτική μορφή ανάλυσης κρισιμότητας με τα απαιτούμενα δεδομένα. Για την πληρέστερη κατανόηση της ανάλυσης μας θα χρησιμοποιήσουμε ως παράδειγμα τεχνικοοικονομικά στοιχεία μιας αντλίας πυρκαγιάς ενός πολεμικού πλοίου η οποία λειτουργεί με θαλασσινό νερό. Στη συνέχεια ακολουθεί ανάλυση των αλγεβρικών στοιχείων του πίνακα.

Η μεταβλητή ( $\beta$ ) (failure effect probability), αναπαριστά την υπό συνθήκη πιθανότητα της κρισιμότητας επίδρασης μιας περιγραφόμενης (συγκεκριμένης) βλάβης στο σύστημα (αντλία). Για τα περισσότερα ανταλλακτικά η πιθανότητα ( $\beta$ ) ισούται με 1 (100%). Για παράδειγμα αν υποθέσουμε ότι ο κινητήρας της αντλίας πυρκαγιάς σβήσει (failure mode), τότε στο 100% των περιπτώσεων, το αποτέλεσμα θα είναι απώλεια ισχύος. Εάν όμως ως failure mode έχουμε: χαμηλή πίεση αντλίας, τότε το αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι 80% απώλεια αντλίας και 20% περιορισμένη λειτουργία και ο συντελεστής  $\beta$  θα διαμορφωνόταν 0,8 και 0,2 αντίστοιχα.

Ο συντελεστής ( $\alpha$ ) (failure mode ratio) εκφράζει την πιθανότητα ενός ανταλλακτικού ή εξαρτήματος του συστήματος να αποτύχει προκαλώντας την αναγνωρισμένη κατάσταση βλάβης (failure mode). Αν περιγραφούν όλες οι καταστάσεις βλαβών του συστήματος, τότε το άθροισμα όλων των συντελεστών ( $\alpha$ ) θα ισούται με 1. Καθορίζονται πρώτα οι καταστάσεις βλαβών και ύστερα υπολογίζονται οι τυπικές πιθανότητες ( $\alpha$ ). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διαχωρίσουμε την κατάσταση βλάβης (failure mode) από την βλάβη μηχανισμού (failure mechanism). Βλάβη μηχανισμού είναι ένα φυσικό αρνητικό αποτέλεσμα που προκαλείται εξαίτιας κακού σχεδιασμού, κακής συνδεσμολογίας, αστοχίες στην ποιότητα, απαξίωση εξαρτημάτων κ.α. Για παράδειγμα εάν δεν υπάρχει καθόλου εξαγωγή αέρα από το σύστημα εξαερισμού της αντλίας τότε η κατάσταση βλάβης (failure mode) είναι: καθόλου ροή αέρα από το σύστημα εξαερισμού και η βλάβη μηχανισμού (failure mechanism) μπορεί να είναι: σπασμένος ιμάντας. Στο παράδειγμά μας και προς πληρέστερη κατανόηση του συντελεστή ( $\alpha$ ) μπορούμε να υποθέσουμε ότι:

Part Failure Modes	Failure Mode Ratio ( $\alpha$ )		
Εξαγωγή πολύ λίγου αέρα	0,55	ή	55%
Εξαγωγή πολύ αέρα	0,05	ή	5%
Εξαγωγή καθόλου αέρα	0,40	ή	40%
Το άθροισμα των τυπικών πιθανοτήτων είναι:	1	ή	100%

QUANTITATIVE FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS (FMECA)														
SYSTEM: Mechanical System											DATE (YYYYMMDD): 20050819			
PART NAME: Industrial Water Supply											SHEET: 1 of 2			
REFERENCE DRAWING:											COMPILED BY: AAA			
MISSION: Provide Temperature Control to Room											APPROVED BY: BBB			
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	SEVERITY	REDUNDANCY		FAILURE RATE $\lambda_p$ (SOURCE)	FAILURE EFFECT PROBABILITY ( $\beta$ )	FAILURE MODE RATIO ( $\alpha$ )	OPERATING TIME (t)	FAILURE MODE CRITICALITY NUMBER ( $C_w$ )	ITEM CRITICALITY NUMBER ( $\sum C_w$ )	REMARKS	
					HAVE (N)	NEED (M)								

Πίνακας 3 – 1 : παρουσίαση ποσοτικής ανάλυσης κρισιμότητας βλαβών



Ο ρυθμός βλαβών ( $\lambda_p$ ) – failure rate, ενός ανταλλακτικού είναι ο λόγος του αριθμού εμφάνισης βλαβών προς συγκεκριμένες ώρες. Συνήθως αναφερόμαστε σε εκατομμύρια ώρες ( $10^6$  ώρες).

Commented [gp1]:

Ο τυπικός βαθμός αστοχίας ( $\lambda_m$ ) – modal failure rate, ισούται με το γινόμενο:

$\lambda_m = \alpha \lambda_p$  όπου:  $\lambda_m$  = modal failure rate

$\alpha$  = Η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης (failure mode ratio)

$\lambda_p$  = Ρυθμός βλαβών (failure rate) του ανταλλακτικού

Ο αριθμός κρισιμότητας βλαβών  $C_m$  – failure mode criticality number, μετρά την συχνότητα βλαβών ανάλογα με τον ρυθμό εμφάνισης βλάβης ( $\lambda_p$ ) και ισούται με το γινόμενο:  $C_m = (\beta \alpha \lambda_p t)$  όπου:

$C_m$  = failure mode criticality number

$\beta$  = conditional probability of the current failure mode's failure effect

$\alpha$  = failure mode ratio

$\lambda_p$  = item failure rate

$t$  = duration of applicable mission phase (operating hours).

Συνεχίζοντας το παράδειγμα της αντλίας που μελετάμε, ο ρυθμός βλαβών failure rates των ανταλλακτικών, παρέχεται από τον οργανισμό DSIAC<sup>21</sup> (Defense Systems Information Analysis Center) με την δημοσίευση υπ' αριθμόν NPRD – 95 (Non-electric Parts Reliability) και οι αντίστοιχες πιθανότητες από την δημοσίευση FMD – 97 (Failure Mode/Mechanism Distribution) του ίδιου οργανισμού.

Failure mode criticality:

Component type: Φυγόκεντρος αντλία κυκλοφορίας υψηλής πίεσεως

Part Number: P1

Failure rate ( $\lambda_p$ ) : 12.058 ανά εκατομμύριο ώρες

Failure Mode Probability ( $\alpha$ ):

No output = 0.29

Degraded = 0.71

<sup>21</sup> DSIAC: Οργανισμός υπαγόμενος στο Υπουργείο Άμυνας ΗΠΑ με σκοπό την τεχνολογική υποστήριξη δημιουργίας συστημάτων οπλικών ή μη. Ιδρύθηκε το 1981 και από τότε ο σκοπός του παραμένει ίδιος: Να παρέχει στις ένοπλες Δυνάμεις τα πιο ασφαλή, διαχρονικά, και αποτελεσματικά οπλικά συστήματα. Απασχολεί περίπου 350 ειδικούς επιστήμονες καταρτισμένους στα μαθηματικά, την μηχανολογία, την φυσική, τους υπολογιστές και πολλοί από αυτούς έχουν υπηρετήσει ως στελέχη στις Ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ.

Time:  $10^6$  ώρες

Failure effect Probability:  $(\beta) = 1$

Οπότε : Failure Mode Criticality  $C_m = (\beta \alpha \lambda_p t)$

$C_m$  (no output) =  $(1 \times 0.29 \times 12.058 \times 10^6) \approx 3.5 \times 10^6$

$C_m$  (degraded) =  $(1 \times 0.71 \times 12.058 \times 10^6) \approx 8.56 \times 10^6$

Βαθμός κρισιμότητας ανταλλακτικού ( $C_r$ )– item criticality number: Μας βοηθά να κατανοήσουμε τις συνέπειες και την συχνότητα βλάβης ενός ανταλλακτικού. Αποτελείται από το άθροισμα όλων των αριθμών κρισιμότητας βλαβών ( $C_m$ ) που έχουν όμως τον ίδιο βαθμό σημαντικότητας (severity).

Δηλαδή:  $C_r = \sum (C_m)$ .

Όπου:  $C_r$  = Item Criticality number

$C_m$  = Failure Mode Criticality Number

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε τον πίνακα αξιολόγησης σημαντικότητας επιπτώσεως βλάβης ανταλλακτικού στο σύστημα όπως αξιολογείται από τον οργανισμό DSIAC (severity ranking table):

Ranking	Effect	Comment
1	None	No reason to expect failure to have any effect on Safety, Health, Environment or Mission
2	Very Low	Minor disruption to facility function. Repair to failure can be accomplished during trouble call.
3	Low	Minor disruption to facility function. Repair to failure may be longer than trouble call but does not delay Mission.
4	Low to Moderate	Moderate disruption to facility function. Some portion of Mission may need to be reworked or process delayed.
5	Moderate	Moderate disruption to facility function. 100% of Mission may need to be reworked or process delayed.
6	Moderate to High	Moderate disruption to facility function. Some portion of Mission is lost. Moderate delay in restoring function.
7	High	High disruption to facility function. Some portion of Mission is lost. Significant delay in restoring function.
8	Very High	High disruption to facility function. All of Mission is lost. Significant delay in restoring function.
9	Hazard	Potential Safety, Health or Environmental issue. Failure will occur with warning.
10	Hazard	Potential Safety, Health or Environmental issue. Failure will occur without warning

Εάν για παράδειγμα η αστοχία ενός ανταλλακτικού επιφέρει τρεις διαφορετικές επιπτώσεις βλαβών, δύο με αριθμό σημαντικότητας 3 και μία με αριθμό

σημαντικότητας 5, τότε οι δύο θα υπολογιστούν με ένα  $C_r$  και η άλλη (με αριθμό σημαντικότητας 5) θα υπολογιστεί ξεχωριστά όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει:  $C_r = C_m$ .

Στο παράδειγμα ανάλυσης κρισιμότητας βλαβών που χρησιμοποιούμε, οι δύο καταστάσεις βλαβών αξιολογούνται με τον ίδιο βαθμό σημαντικότητας 3, οπότε:

Item criticality:

Component type: Φυγόκεντρος αντλία κυκλοφορίας υψηλής πίεσεως

Part Number: P1

Failure rate ( $\lambda_p$ ): 12.058 ανά εκατομμύριο ώρες

Failure Mode Probability ( $\alpha$ ):

No output = 0.29

Degraded = 0.71

Time:  $10^6$  ώρες

Failure effect Probability: ( $\beta$ ) = 1

Οπότε: item criticality ( $C_r$ ) =  $\sum_{n=1}^j (\beta \alpha \lambda_p t)^n$  όπου  $n = 1, 2, 3, \dots, j$

ή

$$C_r = \sum_{n=1}^j (C_m)_n$$

$$C_r = (1 \times 0.29 \times 12.058 \times 10^6) + (1 \times 0.71 \times 12.058 \times 10^6) = 12.058 \times 10^6.$$

Στον παρακάτω πίνακα 3-2 αποτυπώνεται η ποσοτική ανάλυση κρισιμότητας αντλίας παραδείγματος, όπου για κάθε ανταλλακτικό (item) έχουν υπολογισθεί οι αντίστοιχοι αριθμοί κρισιμότητας της ποσοτικής ανάλυσης βασιζόμενοι σε πρωτογενή στοιχεία προαναφερθέντων αναλύσεων του οργανισμού DSIAC.

FAILURE MODE CRITICALITY RANKING (QUANTITATIVE)									
For use of this form, see TM 5-898-4; the proponent agency is USACE.									
SYSTEM: Mechanical System					DATE (YYYYMMDD): 20050819				
PART NAME: HVAC System					SHEET: 1 of 3				
REFERENCE DRAWING: C-20005-B					COMPILED BY: AAA				
MISSION: Provide Temperature Control to Room					APPROVED BY: BBB				
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	SEVERITY	FAILURE RATE $\lambda_p$ (SOURCE)	FAILURE EFFECT PROBABILITY ( $\beta$ )	FAILURE MODE RATIO ( $\alpha$ )	OPERATING TIME (t)	MODAL CRITICALITY NUMBER ( $C_M$ )
220.0	Chiller/ Remove heat(10°F) from chilled water supply	Degraded operation -remove less than 10°F	Refrig. loss, degraded comp., tube leak, dirty coil	3	9.2791x10-6 (single) NPRD-95 1.72x10-10 (redundant)	1	.92	61,320	9.70x10-6
310.2	Air Handler/ Provide 3200cfm of air, keep room at 72°F	Provide no air flow	broken belt, motor failure fan bearing seizure, Loss of power	3	1.7657x10-6 (single) NPRD-95 6.24x10-12 (redundant)	1	.25	61,320	9.56x10-8
220.1	Chiller/ Remove heat(10°F) from chilled water supply	remove no heat	compressor seizure, motor failure	4	9.2791x10-6 (single) NPRD-95 1.72x10-10 (redundant)	1	.08	61,320	8.45x10-6
110.0	Reservoir/ contain 6000 gallons of water	leak	Crack in wall	4	1.500x10-6 (single) .0104x10-6 (redundant)	1	1	61,320	6.38x10-4
120.1	Pump #1/ Transport Industrial water supply at 1000gpm	produce no water flow	broken coupling, suction line leak, motor inoperable	3	12.058x10-6 (single) NPRD-95 1.4x10-17 (redundant)	1	.65	61,320	5.58x10-13

FAILURE MODE CRITICALITY RANKING (QUANTITATIVE)									
For use of this form, see TM 5-898-4; the proponent agency is USACE.									
SYSTEM: Mechanical System					DATE (YYYYMMDD): 20050819				
PART NAME: HVAC System					SHEET: 2 of 3				
REFERENCE DRAWING: C-20005-B					COMPILED BY: AAA				
MISSION: Provide Temperature Control to Room					APPROVED BY: BBB				
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	SEVERITY	FAILURE RATE $\lambda_p$ (SOURCE)	FAILURE EFFECT PROBABILITY ( $\beta$ )	FAILURE MODE RATIO ( $\alpha$ )	OPERATING TIME (t)	MODAL CRITICALITY NUMBER ( $C_M$ )
210.1	Pump #5/ Transport chilled water supply at 960gpm	produce no water flow	broken coupling, suction line leak, motor inoperable	3	12.058x10-6 (single) NPRD-95 8.724x10-10 (redundant)	1	.65	61,320	5.58x10-13
130.1	Cooling Tower #1/ maintain a water temp of 75°F.	Clogged sprayers	Untreated/unfiltered water	4	10.0518x10-6 (single) NPRD-95 1.3x10-16 (redundant)	1	.44	61,320	3.51x10-12
120.0	Pump #1/ Transport Industrial water supply at 1000gpm	Transport water at a rate below 1000 gpm	Impeller degraded, gasket leak, motor degraded	3	12.058x10-6 (single) NPRD-95 1.4x10-17 (redundant)	1	.35	61,320	3.00x10-13
210.0	Pump #5/ Transport chilled water supply at 960gpm	Degraded operation-produce water at a rate less than 960gpm	impeller degradation gasket leak, motor degraded	3	12.058x10-6 (single) NPRD-95 8.724x10-10 (redundant)	1	.35	61,320	3.00x10-13
130.0	Cooling Tower #1/ maintain a water temp of 75°F.	Scaling (deposits) on media	Untreated water	4	10.0518x10-6 (single) NPRD-95 1.3x10-16 (redundant)	1	.36	61,320	2.87x10-12

FAILURE MODE CRITICALITY RANKING (QUANTITATIVE)									
For use of this form, see TM 5-998-4; the proponent agency is USACE.									
SYSTEM: Mechanical System					DATE (YYYYMMDD): 20050819				
PART NAME: HVAC System					SHEET: 3 of 3				
REFERENCE DRAWING: C-20005-B					COMPILED BY: AAA				
MISSION: Provide Temperature Control to Room					APPROVED BY: BBB				
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	SEVERITY	FAILURE RATE $\lambda_p$ (SOURCE)	FAILURE EFFECT PROBABILITY ( $\beta$ )	FAILURE MODE RATIO ( $\alpha$ )	OPERATING TIME (t)	MODAL CRITICALITY NUMBER ( $C_M$ )
130.2	Cooling Tower #1/ maintain a water temp of 75°F.	Fan failure	Motor winding open, Loss of power to motor	3	10.0518x10 <sup>-6</sup> (single) NPRD-95 1.3x10 <sup>-16</sup> (redundant)	1	.20	61,320	1.54x10 <sup>-12</sup>
310.1	Air Handler/ Provide 3200cfm of air to room, maintain	Provide airflow at a rate less than 3200cfm	reduced motor output, dirty intake filter	3	1.7657x10 <sup>-6</sup> (single) NPRD-95 6.24x10 <sup>-12</sup> (redundant)	1	.40	61,320	1.53x10 <sup>-7</sup>
310.0	Air Handler/ Provide 3200cfm of air to room, maintain	Maintain air at a temp higher than 72°F	Dirty coils	3	1.7657x10 <sup>-6</sup> (single) NPRD-95 6.24x10 <sup>-12</sup> (redundant)	1	.35	61,320	1.34x10 <sup>-7</sup>
130.0	Cooling Tower #1/ maintain a water temp of 75°F.	Scaling (deposits) on media	Untreated water	4	10.0518x10 <sup>-6</sup> (single) NPRD-95 1.3x10 <sup>-16</sup> (redundant)	1	.36	61,320	2.87x10 <sup>-12</sup>

Πίνακας 3 – 2: Ποσοτική Ανάλυση Κρισιμότητας Αντλίας Πυρκαγιάς

### **Ποιοτική Ανάλυση Κρισιμότητας (Qualitative criticality Analysis)**

Σε αντίθεση με την ποσοτική ανάλυση, στην ποιοτική δεν χρησιμοποιούνται οι όροι: ρυθμός εμφάνισης βλαβών και πιθανότητα εμφάνισης βλάβης (συντελεστές  $\alpha$  και  $\beta$ ). Αυτή η ανάλυση αποτελεί μια υποκειμενική αξιολόγηση της σοβαρότητας (severity) εμφάνισης βλάβης σε σχέση με την δυνατότητα αυτή να εμφανιστεί. Ανταλλακτικά τα οποία εμφανίζουν υψηλό αριθμό ανησυχίας (concern), αναγνωρίζονται και αναβαθμίζονται με σκοπό να περιοριστούν οι αρνητικές συνέπειες στην λειτουργία του συστήματος.

Η μορφή του πίνακα της ανάλυσης αυτής με τα αντίστοιχα πεδία εμφανίζεται παρακάτω (Πίνακας 3 - 3). Η ανάλυση αυτή στηρίζεται στα αποτελέσματα του αριθμού RPN (Risk Priority Number) για κάθε ανταλλακτικό ο οποίος θα αναλυθεί παρακάτω. Είναι επίσης σημαντικό να γνωρίζουμε τον απαιτούμενο ελάχιστο αριθμό ανταλλακτικού (M) υποστήριξης λειτουργίας του συστήματος και των αριθμό των ανταλλακτικών (N) που χρησιμοποιεί το σύστημα για το ίδιο ανταλλακτικό.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι κάθε ανάλυση που διεξάγεται από τις Ε.Δ. των Η.Π.Α. εξυπηρετεί την βασική στρατηγική C4ISR – command, control, communications, computers Intelligence Surveillance and Reconnaissance. Όλες οι κρίσιμες λειτουργίες συνυπάρχουν αλληλένδετες καθορίζοντας την έκβαση της μάχης. Η απώλεια μιας από τις παραπάνω αρχές σε πραγματικές συνθήκες μάχης, επιφέρει δραστική μείωση των ικανοτήτων του συστήματος, της στρατηγικής και της εφοδιαστικής υποστήριξης. Η απαξίωση των δυνατοτήτων διοίκησης και ελέγχου λειτουργικότητας είναι πάντα 1<sup>ος</sup> στόχος σε μία μάχη. Κάθε αντίπαλος προσπαθεί να ουδετεροποιήσει κάθε στοιχείο του C4ISR προσβάλλοντάς τα με κάθε μέσο. Κατά συνέπεια κάθε σύστημα και εγκατάσταση θα πρέπει να διέπτετε από τις αρχές της επιβίωσης και της αρτιότητας μέσω της βελτίωσης της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας.

Η ποιοτική ανάλυση κρισιμότητας περιλαμβάνει την αξιολόγηση εμφάνισης βλάβης ενός ανταλλακτικού (Occurrence Ranking). Η αξιολόγηση διενεργείται με βάση τον αριθμό εμφάνισης βλαβών (failure rate) βασιζόμενη στην εμπειρία του αναλυτή στοιχείων παρόμοιου εξοπλισμού λειτουργίας κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Έτσι δημιουργείται ο πίνακας βαθμολόγησης των συχνοτήτων εμφάνισης βλαβών ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως σε οποιαδήποτε ποιοτική ανάλυση κρισιμότητας αναφερόμενος σε ώρες, ημέρες, κύκλος, στροφές κ.α. και συμβολίζεται με το γράμμα (O). Στον πίνακα 3 – 4 αποτυπώνεται η μορφή του.

Ένα άλλο σημείο της ποιοτικής ανάλυσης κρισιμότητας είναι η αξιολόγηση της σοβαρότητας που επιφέρει η εμφάνιση βλάβης στο σύστημα (Severity Ranking). Εδώ αξιολογούνται οι συνέπειες μιας βλάβης όχι μόνο στο σύστημα αλλά και στην ασφάλεια – υγεία του προσωπικού και του περιβάλλοντος (πίνακας 3 – 5). Συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα (S).

QUALITATIVE FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS (FMECA)												
SYSTEM: Mechanical System											DATE (YYYYMMDD): 20050819	
PART NAME: Industrial Water Supply											SHEET: 1 of 1	
REFERENCE DRAWING:											COMPILED BY: AAA	
MISSION: Provide Temperature Control to Room											APPROVED BY: BBB	
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	FAILURE EFFECTS	SINGLE COMPONENT			REDUNDANT SYSTEM			REMARKS AND/OR RECOMMENDED ACTIONS	
					OCCUR	SEVERITY	RPN (O)X(S)	HAVE (N)	NEED (M)	OCCUR		SEVERITY

Πίνακας 3 – 3: Ποιοτική μορφή πίνακα ανάλυσης κρισιμότητας



Πίνακας αξιολόγησης εμφάνισης βλαβών – Occurrence ranking (πίνακας 3 – 4)<sup>22</sup>

Ranking	Failure Rate	Comment
1	1/10,000	Remote probability of occurrence; unreasonable to expect failure to occur
2	1/5,000	Very low failure rate. Similar to past design that has, had low failure rates for given volume/loads
3	1/2,000	Low failure rate based on similar design for given volume/loads
4	1/1,000	Occasional failure rate. Similar to past design that has had similar failure rates for given volume/loads.
5	1/500	Moderate failure rate. Similar to past design having moderate failure rates for given volume/loads.
6	1/200	Moderate to high failure rate. Similar to past design having moderate failure rates for given volume/loads.
7	1/100	High failure rate. Similar to past design having frequent failures that caused problems
8	1/50	High failure rate. Similar to past design having frequent failures that caused problems
9	1/20	Very high failure rate. Almost certain to cause problems
10	1/10+	Very high failure rate. Almost certain to cause problems

Πίνακας αξιολόγησης σοβαρότητας επιπτώσεων βλαβών - Severity ranking (πίνακας 3 – 5).

Ranking	Effect	Comment
1	None	No reason to expect failure to have any effect on Safety, Health, Environment or Mission
2	Very Low	Minor disruption to facility function. Repair to failure can be accomplished during trouble call.
3	Low	Minor disruption to facility function. Repair to failure may be longer than trouble call but does not delay Mission.
4	Low to Moderate	Moderate disruption to facility function. Some portion of Mission may need to be reworked or process delayed.
5	Moderate	Moderate disruption to facility function. 100% of Mission may need to be reworked or process delayed.
6	Moderate to High	Moderate disruption to facility function. Some portion of Mission is lost. Moderate delay in restoring function.
7	High	High disruption to facility function. Some portion of Mission is lost. Significant delay in restoring function.
8	Very High	High disruption to facility function. All of Mission is lost. Significant delay in restoring function.
9	Hazard	Potential Safety, Health or Environmental issue. Failure will occur with warning.
10	Hazard	Potential Safety, Health or Environmental issue. Failure will occur without warning

<sup>22</sup> Πηγή: DSIAC.

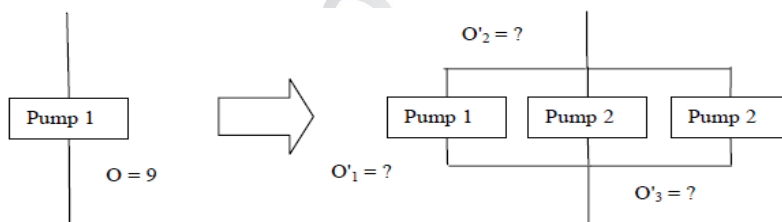
Στη συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός προτεραιοποίησης του κινδύνου (risk priority number RPN), ο οποίος αποτελείται από το γινόμενο: (S) x (O).  $RPN = S \times O$ . Ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει τον κίνδυνο που σχετίζεται με την λειτουργία του συστήματος εξαιτίας του σχεδιασμού και για να εντοπιστούν εκείνα τα ανταλλακτικά που απαιτούν βελτίωση στον σχεδιασμό τους. Βέβαια όταν ο αριθμός αξιολόγησης της σοβαρότητας βλάβης είναι πολύ υψηλός ( $\geq 8$ ), οι διορθωτικές επεμβάσεις θεωρούνται δεδομένες ανεξαρτήτως του γινομένου RPN.

Επί της ουσίας όταν ένα ανταλλακτικό έχει πολύ υψηλό αριθμό εμφάνισης βλάβης (O), και δεν μπορούμε να το βελτιώσουμε σχεδιαστικά, τότε χρησιμοποιούμε <εφεδρείες> δηλαδή με απλά λόγια εντάσσουμε σχεδιαστικά και 2<sup>ο</sup> ή 3<sup>ο</sup> ίδιο ανταλλακτικό έτσι ώστε όταν αποτύχει αμέσως να λειτουργήσει το επόμενο χωρίς να διαταραχθεί η λειτουργία του συστήματος. Για παράδειγμα εάν το σύστημα ψύξης (chiller) ενός πολεμικού πλοίου χρησιμοποιεί για την λειτουργία του μία αντλία με βαθμό αξιολόγησης εμφάνισης βλάβης  $O = 9$ , τότε αντιλαμβανόμαστε ότι σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (π.χ. κάθε 20 ώρες λειτουργίας) το σύστημα ψύξης του πλοίου θα βγαίνει εκτός. Εάν όμως τοποθετήσουμε στο σύστημα chiller 3 αντλίες, τότε όπως καταλαβαίνουμε ο αριθμός (O) θα αλλάξει και θα γίνει σημαντικά μικρότερος αφού ο ρυθμός βλαβών στο σύστημα (failure rate) μειώνεται δραστικά με αποτέλεσμα να επαναξιολογείται και ο αριθμός S αφού πλέον η σοβαρότητα επίδρασης της βλάβης μικραίνει. Ο νέος αριθμός  $O'$  ισούται με:

$$O' = O \times \frac{M}{N-1} \text{ όπου}$$

M = ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός ανταλλακτικού για να λειτουργήσει το σύστημα.

N = ο υφιστάμενος εγκατεστημένος αριθμός του ίδιου ανταλλακτικού στο σύστημα.



$$M = 1 \quad N = 3$$

$O' = O \times \frac{M}{N-1} = 9 \times \frac{1}{2} = 4,5 \approx 5$ . Δηλαδή ο αριθμός αξιολόγησης εμφάνισης της βλάβης από 9 μειώθηκε σε 5 και κατά συνέπεια θα μειωθεί και ο αριθμός αξιολόγησης του κινδύνου (RPN).

Στον παρακάτω πίνακα 3-6 αποτυπώνεται η ποιοτική ανάλυση του παραδείγματός μας (αντλία πυρκαγιάς) για όλα τα ανταλλακτικά.

QUALITATIVE FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS (FMECA)													
SYSTEM: Mechanical System											DATE (YYYYMMDD): 20050819		
PART NAME: HVAC System											SHEET: 1 of 3		
REFERENCE DRAWING:											COMPILED BY: AAA		
MISSION: Provide Temperature Control to Room											APPROVED BY: BBB		
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	FAILURE EFFECTS	SINGLE COMPONENT			REDUNDANT SYSTEM			REMARKS AND/OR RECOMMENDED ACTIONS		
					OCCUR	SEVERITY	RPN (O)X(S)	HAVE (N)	NEED (M)	OCCUR		SEVERITY	RPN (O)X(S)
110.0	Reservoir/contain 6000 gallons of water	leak	Crack in wall, Drain pipe breaks	No immediate effect. The surrounding area will be saturated.	2	6	12	2	1	2	4	8	If drain pipe breaks, secondary containment will be filled
120.0	Pump #1/ Transport Industrial water supply at 1000gpm	Transport water at a rate below 1000 gpm	Impeller degradation, gasket leak, motor degraded	No immediate effect. Chiller inefficiency will cost \$\$.	3	4	12	4	1	1	3	3	
120.1		produce no water flow	Broken coupling, leak on suction line, motor inoperable	Room temp will rise above max allowed temp. Mission failure.	6	5	30	4	1	2	3	6	
130.0	Cooling Tower #1/ maintain a water temp of 75°F.	Scaling (deposits) on media	Untreated water	Room temperature will rise slightly	3	6	18	4	1	1	4	4	
130.1		Clogged sprayers	Untreated / unfiltered water	Room temp will rise, Chiller efficiency decreases	3	5	15	4	1	1	4	4	

QUALITATIVE FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS (FMECA)													
SYSTEM: Mechanical System											DATE (YYYYMMDD): 20050819		
PART NAME: HVAC System											SHEET: 2 of 3		
REFERENCE DRAWING:											COMPILED BY: AAA		
MISSION: Provide Temperature Control to Room											APPROVED BY: BBB		
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	FAILURE EFFECTS	SINGLE COMPONENT			REDUNDANT SYSTEM			REMARKS AND/OR RECOMMENDED ACTIONS		
					OCCUR	SEVERITY	RPN (O)X(S)	HAVE (N)	NEED (M)	OCCUR		SEVERITY	RPN (O)X(S)
130.2		Fan failure	Motor winding open, No power to motor	Air temp rise. No severe effect. Chiller efficiency decreases	3	4	12	4	1	1	3	3	
210.0	Pump #5/ Transport chilled water supply at 960gpm	Degraded operation-produce water at a rate less than 960gpm	impeller degraded, gasket leak, motor degraded	No immediate effect. Chiller efficiency decreases. \$\$\$	1	4	4	2	1	1	3	3	
210.1		produce no water flow	broken coupling, leak on suction line, motor inoperable	No air cooling Room temp rise above allowed-Mission failure	2	8	16	2	1	2	3	6	
220.0	Chiller/ Remove heat(10°F) from chilled water supply	Degraded operation -remove less than 10°F	Refrigerant loss, degraded compressor, leaky tube, dirty coil	Air temperature will rise but not above max allowed	7	6	42	2	1	7	3	21	
220.1		remove no heat	compressor seizure, motor failure	Min. air cooling. Temp above max. Mission failure	2	8	16	2	1	2	4	8	

QUALITATIVE FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS (FMECA)													
SYSTEM: Mechanical System											DATE (YYYYMMDD): 20050819		
PART NAME: HVAC System											SHEET: 3 of 3		
REFERENCE DRAWING:											COMPILED BY: AAA		
MISSION: Provide Temperature Control to Room											APPROVED BY: BBB		
ITEM NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL ID	POTENTIAL FAILURE MODES	FAILURE MECHANISM (CAUSE)	FAILURE EFFECTS	SINGLE COMPONENT			REDUNDANT SYSTEM			REMARKS AND/OR RECOMMENDED ACTIONS		
					OCCUR	SEVERITY	RPN (O)X(S)	HAVE (N)	NEED (M)	OCCUR		SEVERITY	RPN (O)X(S)
310.0	Air Handler/ Provide air to room at 72°F, 3200cfm	Provide air at a temp higher than 72°F	Dirty coils	Minimal change in temperature	3	4	12	2	1	3	3	9	
310.1		Provide airflow at a rate less than 3200cfm	reduced motor output , dirty intake filter	Temperature variations in room dependant on location	2	3	6	2	1	2	3	6	
310.2		Provide no air flow	broken belt, motor failure bearing seizure in fan, Loss of power	Temp rise above max allowed. Mission failure	2	7	14	2	1	2	3	6	

Πίνακας 3 – 6. Ποιοτική Ανάλυση κρισιμότητας αντλίας πυρκαγιάς

#### **03.04.06 Μήτρα κρισιμότητας (Criticality Matrix)**

Η ανάλυση κρισιμότητας μιας βλάβης και ο καθορισμός του αριθμού κινδύνου (RPN), είναι χρήσιμα εργαλεία αλλά όχι και τα μοναδικά για να καθορίσουμε τα ανταλλακτικά με την μεγαλύτερη επικινδυνότητα στο σύστημα. Είναι πολύ πιθανό για δύο βλάβες να έχουμε τον ίδιο αριθμό προτεραιοποίησης κινδύνου (RPN) αλλά πολύ διαφορετικό μεταξύ τους αριθμό εμφάνισης βλάβης (O) και αριθμό σημαντικότητας επίδρασης στην λειτουργία του συστήματος (S). Για παράδειγμα έστω ότι έχουμε δύο ανταλλακτικά με τον ίδιο RPN = 30 , ένα με S = 3 και O = 10 και το άλλο με S = 10 και O = 3. Σίγουρα το ανταλλακτικό με Severity = 10 θα πρέπει να τύχει ιδιαίτερης προσοχής – βελτίωσης από το υλικό με S = 3 παρόλο που έχουν το ίδιο RPN. Η μήτρα κρισιμότητας όπως παρουσιάζεται παρακάτω μας βοηθά στο να αναγνωρίζουμε αυτές τις περιπτώσεις.

Η μήτρα κρισιμότητας, είναι ένα γράφημα που μας βοηθά να καθορίσουμε και να συγκρίνουμε τις βλάβες όλων των ανταλλακτικών του συστήματος και των υποσυστημάτων του με βάση την πιθανότητά τους να συμβούν σε σχέση με την σοβαρότητα επίδρασης στη λειτουργία του συστήματος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην ποσοτική όσο και στην ποιοτική ανάλυση κρισιμότητας.

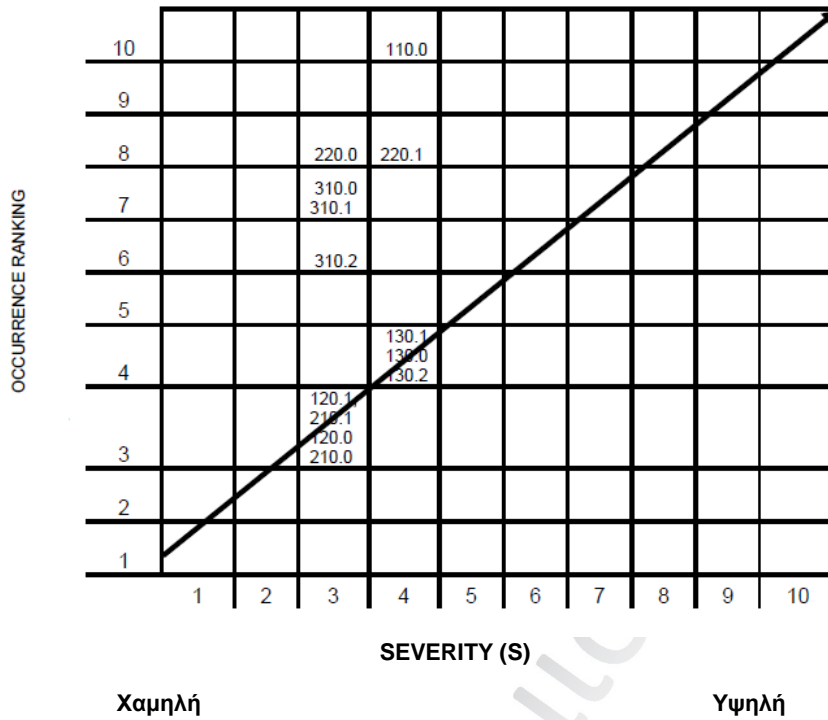
Στο παρακάτω Σχήμα 30 αποτυπώνουμε την μορφή της χρησιμοποιώντας στοιχεία του παραδείγματος της ανάλυσης μας. Τα ανταλλακτικά που τοποθετούνται πάνω στην δεξιά γωνία της μήτρας, είναι αυτά που χρήζουν άμεσης προσοχής. Οι βλάβες αυτές έχουν υψηλή πιθανότητα εμφάνισης και τα αποτελέσματά τους είναι καταστροφικά στην λειτουργία του συστήματος και στην ασφάλεια προσωπικού. Κατά συνέπεια πρέπει να αξιολογούνται πρώτα, να επανασχεδιάζονται και να βελτιώνονται με κάθε τρόπο και χρησιμοποιούμενο μέσο. Καθώς μεταφερόμαστε προς την κάτω αριστερή γωνία της μήτρας, η πιθανότητα εμφάνισης και η σοβαρότητα της βλάβης μειώνεται. Στις περιπτώσεις όπου βλάβες εμφανίζουν σχετικά τον ίδιο βαθμό σοβαρότητας και κρισιμότητας, θα πρέπει να καθορίζονται προτεραιότητες που επί της ουσίας οριοθετούν τα αποδεκτά επίπεδα ασφάλειας προσωπικού και ελαχιστοποίησης του κόστους.

Όταν θέτουμε προτεραιότητες ασφάλειας προσωπικού και υλικού, τότε τα ανταλλακτικά που τοποθετούνται στην πάνω δεξιά πλευρά της μήτρας χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και επανασχεδιασμού γιατί τα αποτελέσματα των αστοχιών τους είναι πολύ σοβαρά ακόμα και αν η συχνότητα εμφάνισης βλάβης τους είναι μικρή. Όταν θέλουμε να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος, τα ανταλλακτικά που τοποθετούνται στην πάνω αριστερή γωνία της μήτρας χρήζουν ανάγκης βελτιώσεως της αξιοπιστίας γιατί ο υψηλός αριθμός εμφάνισης βλαβών επιφέρει αύξηση του κόστους συντήρησης, εργασιών, και γενικά του κύκλου ζωής της συσκευής ακόμα και αν η επίδραση της βλάβης τους στην συσκευή δεν είναι σημαντική.

Όταν δεν μπορούμε να επέμβουμε σχεδιαστικά σε ένα ανταλλακτικό για να το βελτιώσουμε, τότε χρησιμοποιούμε το παράλληλο σύστημα, δηλαδή τοποθετούμε σχεδιαστικά ένα δεύτερο ή και τρίτο ίδιο ανταλλακτικό στην λειτουργία του συστήματος έτσι ώστε όταν το πρώτο αστοχήσει να τίθεται αυτόματα σε λειτουργία το

δεύτερο (εφεδρικό) με σκοπό να συνεχιστεί απρόσκοπτα η λειτουργία της συσκευής (redundant system). Όταν δεν επιτρέπεται σχεδιαστικά η τοποθέτηση εφεδρείας τότε το ανταλλακτικό θα πρέπει να αντικατασταθεί από άλλο πιο ανθεκτικό με λιγότερο ρυθμό εμφάνισης βλαβών. Γενικά κάθε διαθέσιμο μέσο πρέπει να χρησιμοποιείται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται ο ρυθμός εμφάνισης βλαβών και η σοβαρότητα επίδρασης της βλάβης στο σύστημα. Όταν τελικά δεν μπορούμε με τα υπάρχοντα τεχνολογικά και υλικά μέσα να επιφέρουμε την ποθητή βελτίωση, τότε η ανάπτυξη σχεδίου – μεθοδολογίας αντιμετώπισης βλαβών (που να περιλαμβάνει την εκπαίδευση του εμπλεκόμενου προσωπικού και τον καθορισμό των απαιτούμενων ανταλλακτικών αποκατάστασης σε απόθεμα) είναι μονόδρομος.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης FMECA μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή δεδομένων και για άλλες αναλύσεις όπως η Fault Tree Analysis η οποία χρησιμοποιείται ιδίως για τις περιοχές του συστήματος που εμφανίζουν την μεγαλύτερη κρισιμότητα εμφάνισης βλαβών και επιπτώσεων στο σύστημα. Η ανάλυση FMECA όπως και οι περισσότερες αναλύσεις πρέπει να ενημερώνεται συνεχώς με πληροφορίες που συλλέγονται από την λειτουργία του συστήματος. Αποτελεί σημαντική πηγή πληροφόρησης της αξιοπιστίας της συσκευής, των ενεργειών διορθωτικής συντήρησης και ασφάλειας υλικού και προσωπικού. Οι δοκιμές εφαρμογής λειτουργίας εφεδρικού συστήματος (redundant system), πρέπει να διενεργούνται και να αναλύονται ιδίως για τα ανταλλακτικά με υψηλό βαθμό κρισιμότητας γιατί μειώνουν δραστικά τον ρυθμό εμφάνισης βλαβών αυξάνοντας την διαθεσιμότητα του συστήματος. Αυτός εξάλλου είναι και ο στόχος της στρατηγικής C4ISR των επιτυχημένων αποστολών των Ενόπλων Δυνάμεων.



Item #	Failure Mode	Modal Criticality Number
110.0	leak	$6.38 \times 10^{-4}$
120.0	Transport water at a rate below 1000 gpm	$3.00 \times 10^{-13}$
120.1	produce no water flow	$5.58 \times 10^{-13}$
130.0	Scaling(deposits) on media	$2.87 \times 10^{-12}$
130.1	Clogged sprayers	$3.51 \times 10^{-12}$
130.2	Fan failure	$1.54 \times 10^{-12}$
210.0	Degraded operation-produce water at a rate less than 960gpm	$3.00 \times 10^{-13}$
210.1	produce no water flow	$5.58 \times 10^{-13}$
220.0	Degraded operation-remove less than 10°F	$9.70 \times 10^{-6}$
220.1	remove no heat	$8.45 \times 10^{-6}$
310.0	Maintain air at a temp higher than 72°F	$1.34 \times 10^{-7}$
310.1	Provide airflow at a rate less than 3200cfm	$1.53 \times 10^{-7}$
310.2	Provide no air flow	$9.56 \times 10^{-8}$

Σχήμα 30: Μήτρα κρισιμότητας σοβαρότητας – εμφανίσεων βλαβών



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 04

### CONFIGURATION MANAGEMENT

#### 04.1 : Η Διαχείριση της Διαμόρφωσης (Configuration Management)<sup>23</sup>

Αναπόσπαστο κεφάλαιο του ILS είναι το Configuration Management (C.M.). χωρίς αυτό το ILS δεν μπορεί να υποστηριχθεί. Κάθε σύστημα ανεξαρτήτως μεγέθους, προκειμένου καταστεί υποστηρίξιμο απαιτείται η εκ των προτέρων γνώση της διαμόρφωσης των συσκευών και των εξαρτημάτων που το αποτελούν. Χωρίς αυτή τη γνώση είναι αδύνατον να υποστηριχθεί ένα σύστημα μελλοντικά καθιστώντας το σε σύντομο χρονικό διάστημα <άχρηστο>. Μια απλή βλάβη θα μπορούσε να καταστήσει δυσλειτουργικό όλο το σύστημα όσον αφορά πρωτίστως τον εντοπισμό της και τα απαιτούμενα ανταλλακτικά. Με άλλα λόγια μέσω του Configuration Management επιτυγχάνεται ο λειτουργικός έλεγχος των συσκευών.

Θέλοντας να δώσουμε έναν ορισμό θα λέγαμε ότι το Configuration Management είναι μία διοικητική διεργασία για τον καθορισμό και την συνέχεια της διατηρησιμότητας των επιδόσεων του συστήματος, των λειτουργικών και φυσικών ιδιοτήτων του με όλα τα απαιτούμενα υλικά μέσα και τις τεχνικές – σχεδιαστικές πληροφορίες σε όλο τον κύκλο ζωής του. Περιλαμβάνει επίσης και την ενημέρωση των τυχών αλλαγών που ενδέχεται να προκύψουν.

Πρόκειται για μία συνεχή διεργασία ιχνηλάτησης και ελέγχου των αλλαγών, μια βασική περιγραφή της δομής και της λειτουργίας του συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του.

Το παρακάτω διάγραμμα (figure 1-2) αποτυπώνει τις διεργασίες σε αρχικό επίπεδο που καλούμαστε να λάβουμε υπόψη για την μορφοποίηση του CM.

- A) Δεδομένα – απαιτούμενες πληροφορίες για την έναρξη λειτουργίας της διαδικασίας
- B) Εμπόδια – παράγοντες ή πληροφορίες που θέτουν απαγορεύσεις ή περιορισμούς στην διαδικασία
- Γ) Μηχανισμοί / Διευκολύνσεις – πληροφορίες, εργαλεία, μέθοδοι και τεχνολογίες που ενσωματώνονται και επιτείνουν την διαδικασία
- Δ) Εκροές – Αποτελέσματα που απορρέουν από τη διαδικασία ή χρήσιμες πληροφορίες ως αποτέλεσμα της διαδικασίας.

<sup>23</sup> MIL-HNBK 61A, Configuration Management guidance, Department of Defense USA, Washington 2001

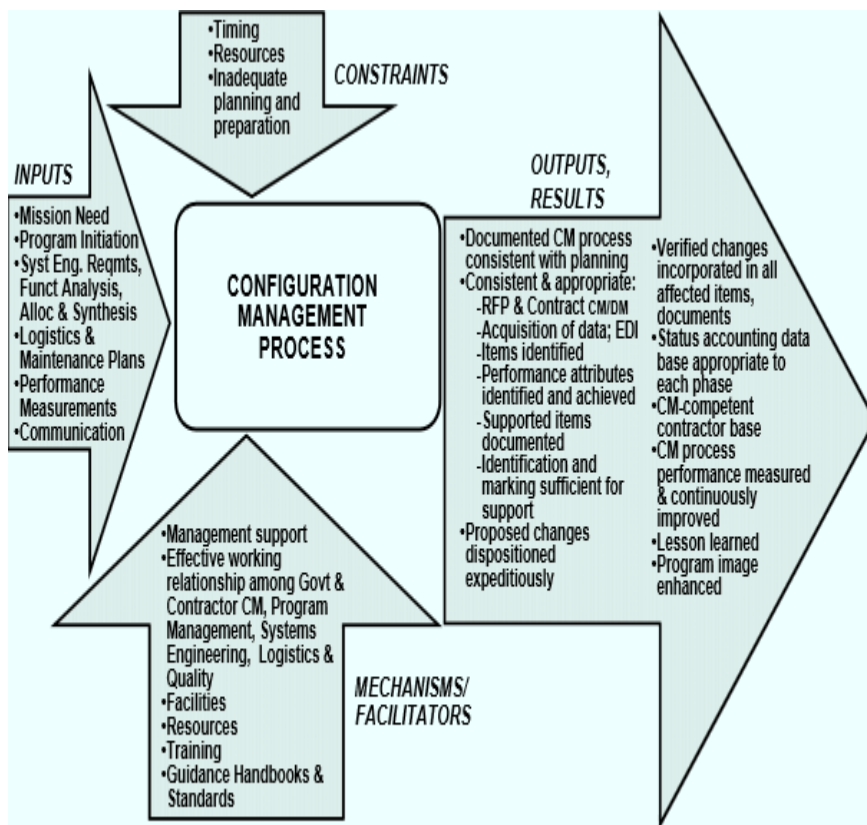


Figure 1-2. DoD Configuration Management Process Model - Overview

Το CM περιλαμβάνει τέσσερες βασικές λειτουργίες:

- A) Τον προσδιορισμό της βασικής διαμόρφωσης του συστήματος (configuration identification).
- B) Τον έλεγχο της διαμόρφωσης του συστήματος (configuration control).
- Γ) Την παρακολούθηση των αλλαγών της διαμόρφωσης (configuration status accounting).
- Δ) Την αναγνώριση σφαλμάτων και τη διόρθωση του συστήματος (Configuration verification & audit).

configuration identification

Κατά την πρώτη βασική λειτουργία της βασικής διαμόρφωσης του συστήματος, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (προς υποβοήθηση) όλα τα προηγούμενα προγράμματα cm που έχουν στη διάθεσή τους οι συμβαλλόμενοι. Στη συνέχεια αποτυπώνεται η σχεδιαστική φιλοσοφία του συστήματος καταγράφοντας τις τεχνικές προδιαγραφές, τα βασικά σχέδια που οριοθετούν τις δυνατότητες και τα πλαίσια λειτουργίας του συστήματος. Δημιουργείται δηλαδή μία βάση δεδομένων η οποία αποτελεί την <πρόικα> του συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας αλλά και μετέπειτα για την δημιουργία νέων συστημάτων ή την αναβάθμιση των υπαρχόντων. Η ομάδα διοίκησης αποφασίζει για ποια υποσυστήματα απαιτείται το configuration management, επιλέγοντας συνήθως αυτά που εκτελούν τις πιο κρίσιμες λειτουργίες ή αυτά που η επισκευή τους θεωρείται δύσκολη και απαιτούν εξειδικευμένη γνώση.

Στο παρακάτω διάγραμμα 5-1 αποτυπώνονται οι βασικές λειτουργίες διαμόρφωσης του συστήματος. Αποτυπώνει λεπτομερώς τις σχέσεις μεταξύ των φάσεων προσδιορισμού της βασικής διαμόρφωσης του συστήματος. Τα κουτιά περιλαμβάνουν τις βασικές ενέργειες, τα εισερχόμενα βέλη από την αριστερή πλευρά είναι τα εισαγόμενα δεδομένα (inputs), τα βέλη από την κορυφή περιγράφουν τους περιορισμούς (constraints), τα βέλη που εισέρχονται από το κάτω μέρος περιγράφουν τους μηχανισμούς – καταλύτες της διεργασίας και τα εξερχόμενα βέλη από την αριστερή πλευρά περιγράφουν τα αποτελέσματα της διεργασίας.

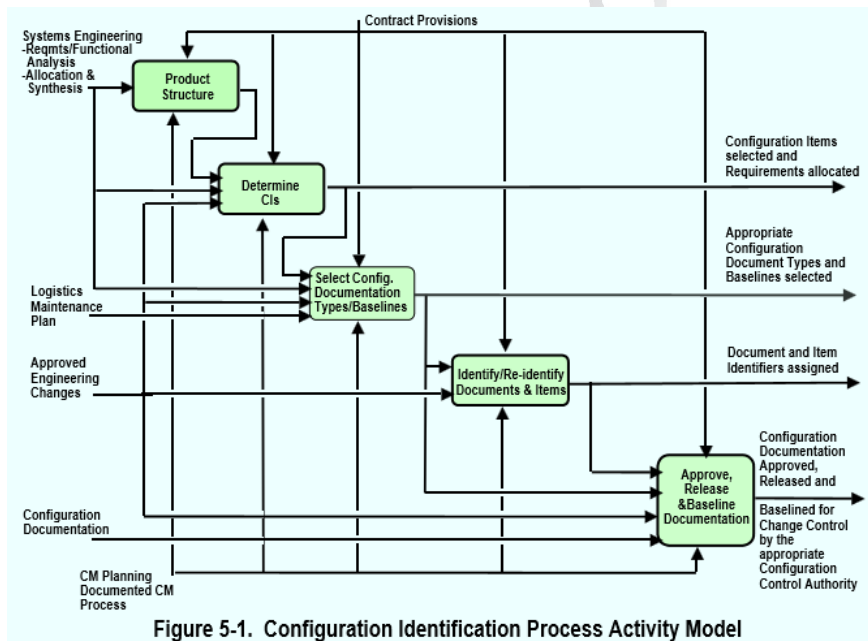


Figure 5-1. Configuration Identification Process Activity Model

Το δεύτερο κουτί περιλαμβάνει τον καθορισμό των configuration items (CIs), τα στοιχεία αναγνώρισης δηλαδή. Η εργασία αυτή πραγματοποιείται στα πλαίσια του configuration identification και περιλαμβάνει τον καθορισμό των CIs, την ονομασία των στοιχείων, την κωδικοποίηση και κάθε άλλη λεπτομέρεια που κρίνεται από τους συμβαλλόμενους (κωδικός μερίδας, προδιαγραφή, σχέδιο κατασκευαστή, part number, modification number κ.α.).

#### configuration control

Μετά την ολοκλήρωση της φάσης βασικής διαμόρφωσης, ακολουθεί η φάση του ελέγχου αυτής με σκοπό την αναγνώριση των προβλημάτων και του προσδιορισμού των βέλτιστων λύσεων.

Ο αντικειμενικός σκοπός του ελέγχου της διαμόρφωσης είναι να καθιερωθεί μία συστημική διαδικασία που βοηθά να διατηρήσουμε χαμηλά το κόστος κύκλου ζωής του συστήματος και επιπλέον:

- Να επιτρέπει την βελτιστοποίηση των σχεδίων σε αποδεκτό βαθμό αφήνοντας χώρο για μετέπειτα τροποποιήσεις καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος.
- Να παρέχει επαρκή διαδικασία και εφαρμογή των αλλαγών της διαμόρφωσης με τρόπο τέτοιο που να προάγει την επιχειρησιακή αμεσότητα, υποστηριξιμότητα, εναλλαξιμότητα και την διαλειτουργικότητα (inter operate), (ικανότητα συστημάτων να συλλειτουργούν μεταξύ τους).
- Να εγγυάται την ολοκληρωμένη και χρονικά ακριβή αλλαγή των διενεργηθέντων μετατροπών – αναβαθμίσεων που συντελέστηκαν κατόπιν εγκρίσεως προϊσταμένης αρχής.
- Να περιορίζει τις μη απαραίτητες αλλαγές του συστήματος.

Οι αλλαγές μπορεί να απαιτούνται για διάφορους λόγους, όπως την ύπαρξη μιας νέας απειλής, την εισαγωγή νέας τεχνολογίας, την διόρθωση προβλημάτων.

Στο παρακάτω σχήμα 6-1 απεικονίζεται σχηματικά η διαδικασία του ελέγχου της διαμόρφωσης.

Το σχήμα 6-2 αποτυπώνει τις διεργασίες από την πλευρά της κυβέρνησης ως υπεύθυνη για τον έλεγχο της διαμόρφωσης, επιβεβαιώνοντας τις αλλαγές, θέτοντας τα αποδεκτά όρια του κόστους, του χρονοδιαγράμματος και των επιδόσεων, διαπιστώνοντας αν οι αλλαγές είναι τεχνικά αποδεκτές και εφικτές.

Το σχήμα 6-3 αποτυπώνει τις διεργασίες από την πλευρά του κατασκευαστή μέσα στα πλαίσια της εφικτότητας των αλλαγών που προτείνει η κυβέρνηση. Αξιολογεί κάθε προτεινόμενη αλλαγή σχετικά με την επιρροή που θα έχει στον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την υποστήριξη των στοιχείων αναγνώρισεως CIs. Επιβεβαιώνει ότι η απόφαση για την εφικτότητα της αλλαγής, κινείται μέσα στα πλαίσια του configuration management.

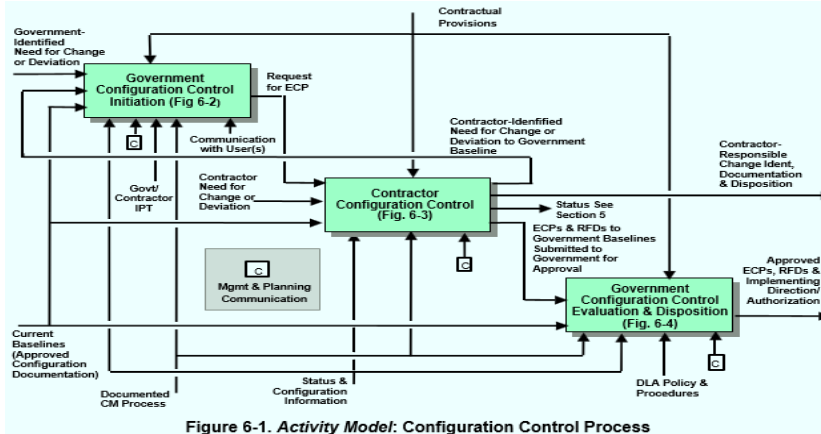


Figure 6-1. Activity Model: Configuration Control Process

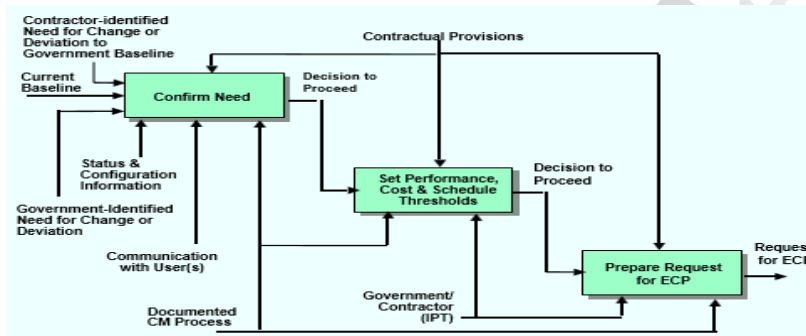


Figure 6-2. Activity Model: Government Configuration Control: Change Initiation

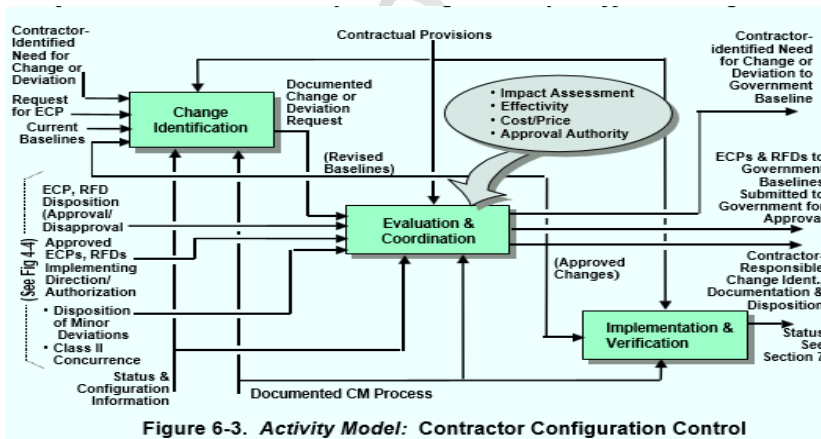
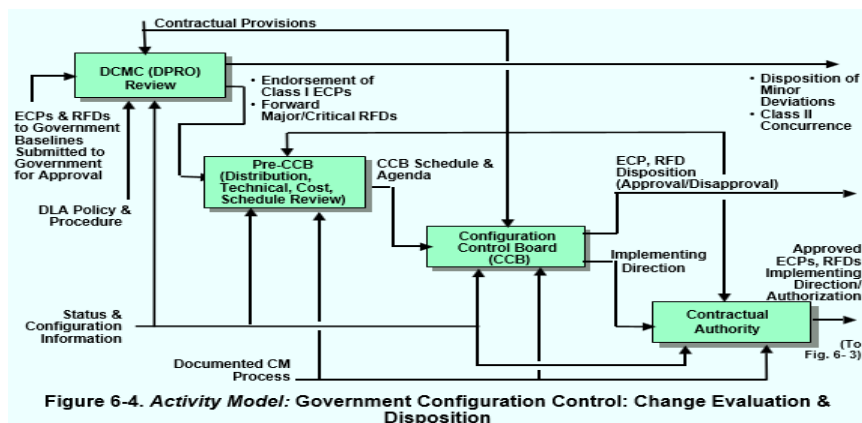


Figure 6-3. Activity Model: Contractor Configuration Control



Χωρίς μία αποτελεσματική διαδικασία ελέγχου της διαμόρφωσης, το λογισμικό πρόγραμμα διατρέχει τον κίνδυνο να διαμορφώσει στοιχεία αναγνώρισης τα οποία είναι: α) τεχνολογικά ανεπαρκή και ανίκανα να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις επιδόσεως του συστήματος. β) Δεν μπορούν να υποστηριχθούν εφοδιαστικά. γ) Μπορεί να είναι ανασφαλή. δ) Μελλοντικά μη αναγνωρίσιμα λόγω ελλείψεων ιστορικών στοιχείων.

Η τροποποίηση της διαμόρφωσης είναι ιδιαίτερα δύσκολη διότι μεταβάλλει τον αρχικό σχεδιασμό του συστήματος επηρεάζοντας τα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Κατά την υλοποίηση των αλλαγών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ελάχιστα αποδεκτά όρια επισκευασιμότητας και αξιοπιστίας.

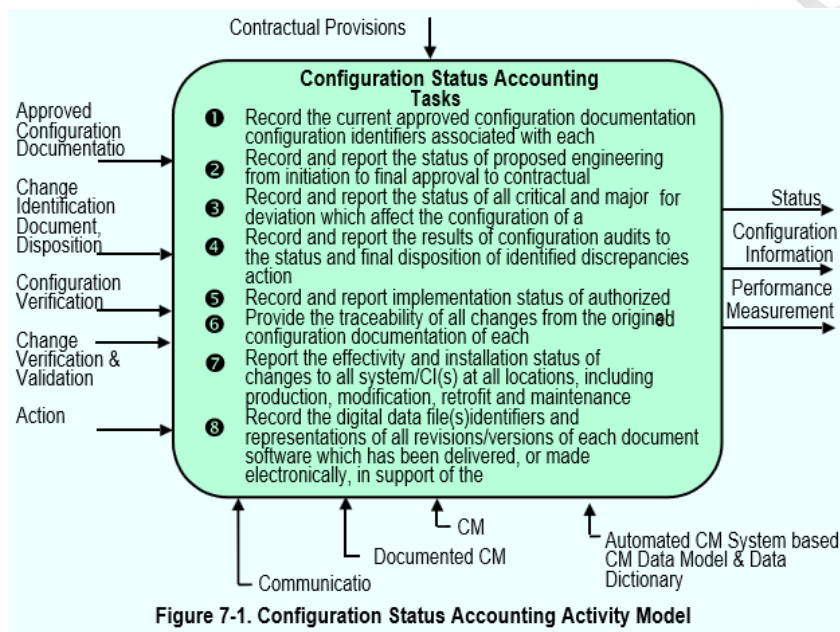
#### configuration status accounting

Η παρακολούθηση των αλλαγών στη διαμόρφωση Configuration status accounting (CSA) είναι μία διαδικασία λειτουργίας και οργάνωσης βασικών πληροφοριών που απαιτούνται για την λειτουργία του configuration management. Ο σκοπός του CSA είναι να παρέχει μία πολύ αξιόπιστη πηγή πληροφοριών διαμόρφωσης που θα υποστηρίζουν όλες τις διεργασίες του προγράμματος, συμπεριλαμβανομένου και του Logistic management (ΚΕΦ. 5). Όλες οι αρχικές πληροφορίες καταχωρούνται σε ένα αρχείο με σκοπό την διατήρηση της αξιοπιστίας και ορθότητάς του σε όλη τη διάρκεια ζωής του συστήματος.

Ένα σύστημα που λειτουργεί πολλά χρόνια μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον απαιτήσεων και τεχνολογικής ανάπτυξης, θα πρέπει να υποστεί βελτιώσεις και μετατροπές ώστε να προσαρμοστεί στις νέες τεχνολογικές απαιτήσεις και συνθήκες. Η παρακολούθηση των μεταβολών της διαμόρφωσης και η συνεχής αναβάθμιση της βιβλιοθήκης των προδιαγραφών και σχεδίων που έχει δημιουργηθεί, βοηθά στην διατήρηση της αξίας του συστήματος. Το configuration status accounting ξεκινά από τη φάση αρχικής σχεδίασης ολοκληρώνεται όταν τελικά

αποσυρθεί το σύστημα. Η ομαλή συνέχεια διαχείρισης και ενημέρωσης του τεράστιου αυτού όγκου πληροφοριών, εξαρτάται από τους χειριστές (ανθρώπινος παράγοντας).

Το παρακάτω σχήμα 7-1 απεικονίζει σχηματικά τις ενέργειες που περιλαμβάνει η παρακολούθηση των αλλαγών στη διαμόρφωση. Η σχεδιαστική φιλοσοφία του είναι ίδια με το παραπάνω σχήμα 5-1. Το CSA χρησιμοποιεί σχετικές πληροφορίες από άλλα CM καθώς οι λειτουργίες διαδραματίζονται. Κινείται μέσα στα πλαίσια των δεσμεύσεων και των τεχνικών προδιαγραφών που έχουν συμφωνηθεί από τους συμβαλλομένους. Η όλη διεργασία εξαρτάται από το προκαθορισμένο CM αλλά και τις διαπραγματεύσεις των συμβαλλομένων.



Configuration verification & audit :

Τέλος η τέταρτη βασική λειτουργία του CM είναι η διαδικασία ελέγχου και διόρθωσης των σφαλμάτων με σκοπό την διατήρηση της αξιοπιστίας του συστήματος και της βασικής σχεδιαστικής δομής του και περιλαμβάνει την επαλήθευση λειτουργίας της αρχικής διαμόρφωσης του συστήματος (CI) καθώς και

των ενσωματωμένων τεχνολογικών αλλαγών, για να διαπιστώσουμε ότι το CI ικανοποιεί τις απαιτούμενες αποδόσεις και τις απαιτήσεις του συστήματος.

Οι τέσσερες αυτές βασικές λειτουργίες του cm, αποτυπώνονται σχηματικά στο παρακάτω σχήμα 4-1:

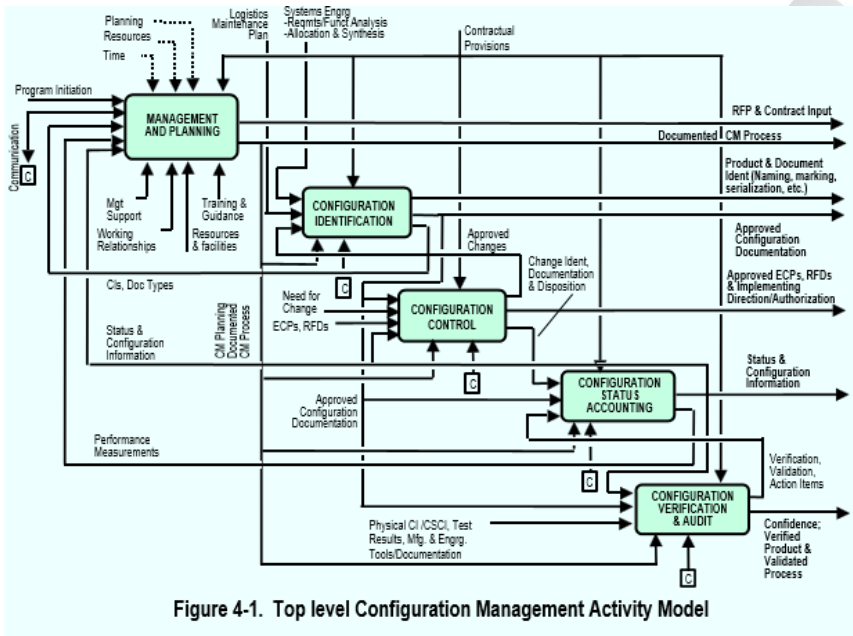


Figure 4-1. Top level Configuration Management Activity Model



#### **04.02 Πλεονεκτήματα Configuration Management, διαχείριση κινδύνου, επίδραση κόστους**

Το CM γενικά παρέχει γνώση της σωστής διαμόρφωσης των οπλικών συστημάτων των ενόπλων δυνάμεων, καθώς και τον συσχετισμό μεταξύ τους, τα κοινά τους μέρη, τα απαιτούμενα ανταλλακτικά. Η διαδικασία του CM διαχειρίζεται αποτελεσματικά όλες τις ενδεχόμενες αλλαγές - τροποποιήσεις – βελτιώσεις του συστήματος με στόχο την επιχειρησιακή και εφοδιαστική του υποστήριξη.

Κάποια από τα πλεονεκτήματα της διαδικασίας είναι εμφανή και κάποια άλλα παραβλέπονται λόγω της μελλοντικής τους λειτουργίας. Ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός ANSI (American National Standards Institute) με το πρότυπο EIA – 649 αναφέρει επιγραμματικά τα ακόλουθα:

- Από κοινού ο αγοραστής και ο πωλητής αξιοποιούν μία κοινή βάση δεδομένων για την απόκτηση και χρήση του συστήματος οι επιδόσεις του οποίου καθίστανται μετρήσιμες.
- Οι αποφάσεις για μετέπειτα τροποποιήσεις – αναβαθμίσεις βασίζονται πάνω σε σωστές πληροφορίες. Δημιουργείται μία βάση αξιόπιστων δεδομένων αξιοποιήσιμη και από τις δύο πλευρές.
- Καθίσταται με επιτυχία η επαναδημιουργία του πρωτοτύπου (π.χ πέντε ίδιες λειτουργικές φρεγάτες στόλου).
- Δημιουργούνται τυποποιημένα και επώνυμα προϊόντα που συνοδεύονται με ένα πλήθος διαχειριστικών δεδομένων, διευκολύνοντας τους χειριστές από άσκοπο έργο: (πώς λειτουργεί; Τι απαιτείται για την συντήρηση; κ.α.)
- Οι ενδεχόμενες αλλαγές – αναβαθμίσεις, δοκιμάζονται προτού εφαρμοστούν στο μοντέλο, αποφεύγοντας έτσι δυσάρεστες εκπλήξεις.
- Συντελείται η πολυπλόκητη και πολυσήμαντη εξοικονόμηση κόστους και χρόνου
- Οι αλλαγές διενεργούνται μέσα στο πλαίσιο μιας προκαθορισμένης διαδικασίας. Λάθη κόστους προερχόμενα από λανθασμένες επιλογές διοίκησης αποφεύγονται.
- Η διαδικασία επαναλειτουργίας της συσκευής μετά από βλάβη συντελείται σε σύντομο χρονικό διάστημα, με χαμηλότερο κόστος (εργασίας – υλικών), πετυχαίνοντας έτσι εξοικονόμηση χρόνου, κόστους, ανθρωπίνου δυναμικού και την πολυπλόκητη ετοιμότητα του συστήματος.
- Η διαμόρφωση του συστήματος αξιολογείται με βάση τις απαιτήσεις επιδόσεων του συστήματος. η ενσωμάτωση των αλλαγών του συστήματος αξιολογείται και καταγράφεται καθ' όλη τη διάρκεια της επιχειρησιακής του ζωής. Καθιερώνεται έτσι ένα υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης στο προϊόν.

Τα παραπάνω προτερήματα βρίσκουν εφαρμογή τόσο στις Ένοπλες Δυνάμεις όσο και στις κατασκευάστριες εταιρείες. Επιπρόσθετα η αποτελεσματική εφαρμογή των διαδικασιών του CM συνεισφέρει και ενδυναμώνει τη δημιουργία ενός

επιθυμητού θετικού κλίματος συνεργασίας ανάμεσα στα επιτελεία των ενόπλων δυνάμεων και τους προμηθευτές.

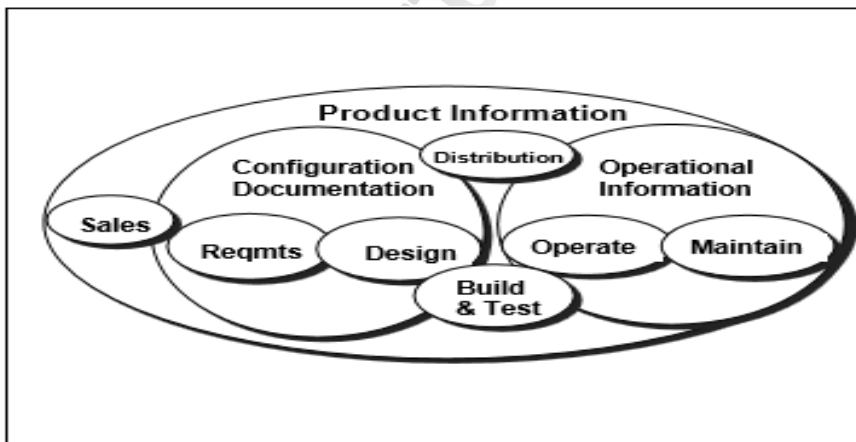
Η έλλειψη ορθών διαδικασιών CM μπορεί να οδηγήσει σε:

- Αστοχία υλικού εξαιτίας λανθασμένης τοποθέτησης ή αντικατάστασης ανταλλακτικού.
- Καθυστερήσεις χρονοδιαγράμματος και αύξηση κόστους εξαιτίας απρόσμενων αλλαγών.
- Καθυστερήσεις αποκατάστασης βλάβης λόγω δυσχερειών συναρμογής εξοπλισμού.
- Προβλήματα συντήρησης , αύξηση του χρόνου καθήλωσης των οπλικών συστημάτων, αύξηση κόστους επισκευής εξαιτίας ανακολουθιών μεταξύ εξοπλισμού και οδηγιών επισκευής.

Η χειρότερη συνέπεια θα μπορούσε να είναι η καταστροφική απώλεια εξοπλισμού και ανθρώπινης ζωής. Σίγουρα όλες οι παραπάνω αρνητικές συνέπειες μπορεί να προκληθούν από λόγους διάφορους του μη αποτελεσματικού CM. Ο σκοπός και η πρόθεση του CM είναι να ελαχιστοποιηθεί το κόστος (κτήσης και χρήσης) και να διαχειρισθεί ο κίνδυνος. Αυτοί οι οποίοι σκέφτονται να αποφύγουν το κόστος δημιουργίας CM, σίγουρα θα το πληρώσουν πολλαπλάσιο στο μέλλον , μη αναλογιζόμενοι τα ανταποδοτικά οφέλη του CM, αγνοώντας η υποτιμώντας το κόστος, το χρονοδιάγραμμα και το τεχνικό ρίσκο μιας ανεπαρκούς ή καθυστερημένης εφαρμογής διαδικασίας CM.

#### **04.03 Πληροφορίες προϊόντος**

Το παρακάτω σχήμα 5 αποτυπώνει τις βασικές πληροφορίες προϊόντος που πρέπει να περιλαμβάνει το CM και πως συσχετίζονται.



Σχήμα 5: Σύνθεση πληροφοριών προϊόντος.

Οι δύο βασικές πηγές πληροφοριών είναι η έγγραφη τεκμηρίωση της διαμόρφωσης και οι λειτουργικές πληροφορίες. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι μόνο τα κρίσιμα προϊόντα της συσκευής καταγράφονται στο CM προκειμένου να υποτυπώνονται όλες οι χρήσιμες πληροφορίες και η καλή χρήση του προγράμματος (χωρίς άσκοπες πληροφορίες).

#### **04.04 Δομή σχεδίου Configuration**

Παρατίθεται επιγραμματικά η δομή του σχεδίου Configuration, όπως αναπτύσσεται από τις ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ.

A/A	ΚΕΦΑΛΑΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Περιεχόμενα	
2	Εισαγωγή	Αναλύεται ο σκοπός του σχεδίου και περιγράφεται το πεδίο εφαρμογής του. Ακολουθεί ένας πίνακας με ακρώνυμα που χρησιμοποιούνται και ένας πίνακας με τους βασικούς ορισμούς των εννοιών ώστε το σχέδιο να είναι κατανοητό και από λιγότερο εξειδικευμένο προσωπικό. Γίνεται συσχετισμός με άλλα έγγραφα και διαδικασίες και των φάσεων ανάπτυξης του συστήματος. περιγράφεται η υπάρχουσα υποδομή που θα συντελέσει στην ανάπτυξη του Configuration.
3	Οργάνωση	Αναλύεται η δομή του προγράμματος , περιγράφεται ο τελικός χρήστης του συστήματος (πελάτης) και οι αρμοδιότητες των υπευθύνων για πραγματοποίηση αλλαγών.
4	Αναγνώριση	Γίνεται αναφορά στο σύστημα κωδικοποίησης και στους τύπους σχεδίων που θα χρησιμοποιηθούν. Συγκεντρώνονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τη σύνταξη του Configuration.
5	Έλεγχος	Περιγράφεται η διαδικασία που θα εφαρμοστεί για την πραγματοποίηση μιας αλλαγής καθορίζοντας την προτεραιότητα και την ιεράρχηση των αλλαγών. Προσδιορίζονται τα εργαλεία σε software & hardware που θα απαιτηθούν
6	Παρακολούθηση	Περιγραφή του συστήματος με το οποίο θα γίνει η παρακολούθηση του Configuration και καθορίζονται οι απαιτούμενες αναφορές και η συχνότητα υποβολής τους στη διάρκεια ζωής του συστήματος.
7	Επαλήθευση	Περιγραφή των μεθόδων για έλεγχο και επαλήθευση του Configuration. Καθορίζονται οι φόρμες που θα χρησιμοποιηθούν και επιλέγονται οι διαδικασίες συσχέτισως με άλλα προγράμματα.
8	Διασύνδεση & συσχέτιση	Βοηθά επικοινωνικά στη συσχέτιση του Configuration με άλλα προγράμματα (εάν απαιτηθεί)
9	Υποκατασκευαστές	Προσδιορίζονται οι υποκατασκευαστές του συστήματος και οι διαδικασίες που θα χρησιμοποιηθούν για την διασύνδεσή τους με τον κατασκευαστή και την ανάπτυξη του Configuration
10	πόροι	Καθορίζονται οι πόροι που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του Configuration (υλικό και ανθρώπινο δυναμικό)

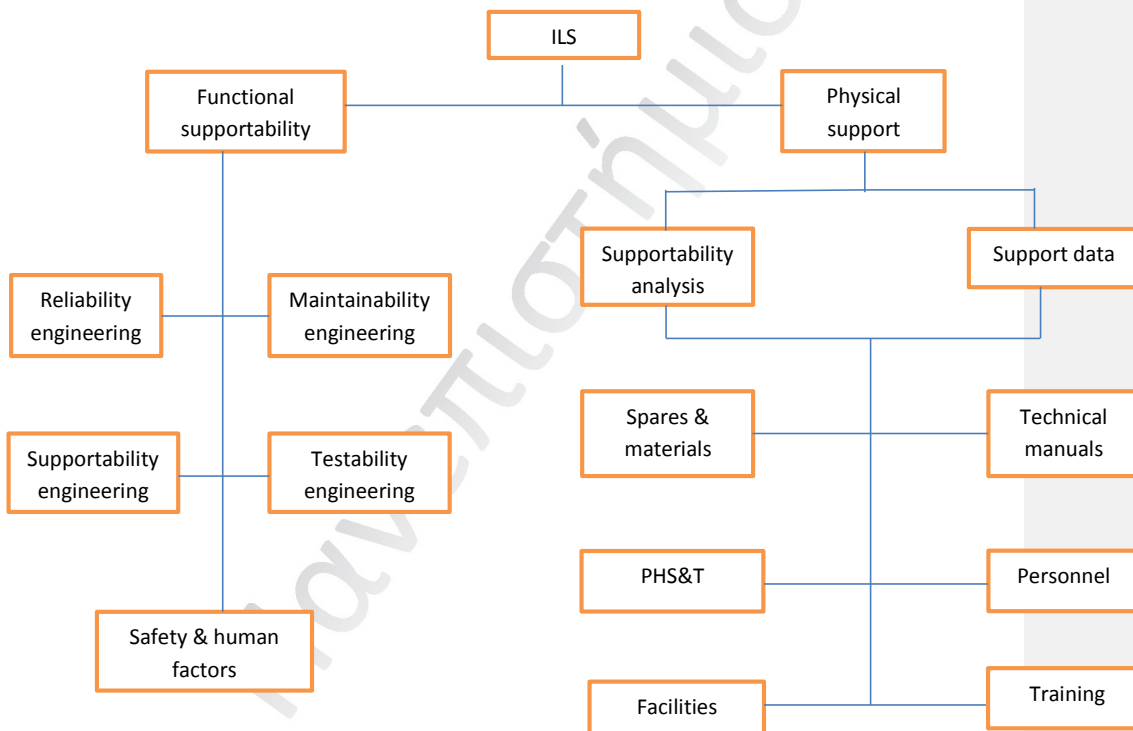
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 05

### 05.01 LOGISTICS MANAGEMENT

Η επιτυχής ολοκλήρωση των στόχων απαιτεί ολοκληρωμένο σχεδιασμό και σωστή διοίκηση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω κάποιων διαδικασιών που έχουν αναπτυχθεί, οι οποίες βοηθούν τον σωστό σχεδιασμό και τη διοίκηση να αποφασίζει ορθά. Τελικά είναι οι άνθρωποι αυτοί που με τις επιλογές τους και τον τρόπο διοίκησης επηρεάζουν και καθορίζουν το ποσοστό επιτυχίας. Δεν μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μια πλήρως τυποποιημένη διαδικασία για το πώς πρέπει να εφαρμόζεται το logistic management. Μπορούμε όμως να πούμε ότι έχουν αναπτυχθεί τα απαραίτητα εργαλεία που χρησιμοποιούνται από κοινού τόσο από τις κυβερνήσεις όσο και από τους παρόχους των υπηρεσιών, τα οποία ιεραρχούν την διοίκηση στα logistics.

#### ILS ORGANIZATION

Το παρακάτω διάγραμμα μας δείχνει μια θεμελιώδη οργάνωση του ILS το οποίο δύναται να χρησιμοποιηθεί από εταιρείες που αναλαμβάνουν κρατικά αμυντικά συμβόλαια. Μας δείχνει δηλαδή τους βασικούς τομείς οργάνωσης ενός προγράμματος, που στην ουσία η επιτυχής ολοκλήρωση κάθε ενός από αυτούς οδηγεί στην επιτυχία όλου του προγράμματος (concept).



Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο ils manager είναι αυτός που θα πρέπει να δώσει έμφαση σε εκείνον τον τομέα οργάνωσης που θα έχει την μεγαλύτερη επιρροή στην επιτυχία του όλου προγράμματος για μια δεδομένη χρονική περίοδο που παρέχονται συγκεκριμένοι πόροι.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση ενός manager σε ποιον τομέα να δώσει μεγαλύτερη έμφαση είναι: α) Η φάση απόκτησης – δημιουργίας που βρίσκεται το προϊόν, β) Το μέγεθος της εταιρείας, γ) Ο τύπος του προϊόντος.

Η ILS οργάνωση πρέπει να ανταποκρίνεται τόσο στις ανάγκες της εταιρείας όσο και των πελατών με στόχο την πραγματοποίηση του μέγιστου δυνατού κέρδους χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους πόρους συσχετισμένοι με το προϊόν της εταιρείας. Τελικός σκοπός του ILS μέσα στην όλη οργάνωση της εταιρείας είναι να παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που βοηθούν τον manager να αντιληφθεί κατά πόσο το προϊόν ανταποκρίνεται στις ανάγκες του πελάτη καθ' όλη τη διάρκεια σχεδιασμού και δημιουργίας του.

#### **05.02 ILS PROGRAM MANAGEMENT**

Όλοι οι τομείς του ILS συνδέονται και ελέγχονται μέσω της διαδικασίας που ονομάζουμε ILS PROGRAM MANAGEMENT (ILSPM). Η έννοια του ILSPM αναφέρεται στην ικανότητα ενός ανθρώπου ή μιας ομάδας ανθρώπων να διαβλέπουν κατά πόσο πετυχαίνονται οι στόχοι που απορρέουν από μία σύμβαση έργου. Μάλιστα οι άνθρωποι αυτοί είναι επιφορτισμένοι με την συγκεκριμένη ευθύνη. Για να πετύχει η ομάδα αυτή το στόχο της θα πρέπει συνεχώς να αναθέτει συγκεκριμένες ευθύνες σε συγκεκριμένους ανθρώπους, να αναλαμβάνει δράση καθορίζοντας νέες ενέργειες καθώς το προϊόν περνά στην επόμενη φάση τηρώντας το προσυμφωνημένο χρονοδιάγραμμα αλλά και την περιορισμένη χρηματοδότηση που αυτή έχει. Πρόκειται δηλαδή για μία δυναμική κατάσταση η οποία καθορίζει την επιτυχία της επιχείρησης να ανταποκριθεί στους στόχους συμβολαίου. Απαραίτητο εργαλείο της ομάδας είναι η επιλογή και εξοικείωση με κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα όπως το ils program management office, το οποίο δύναται να παρέχει στην ομάδα μετρήσιμα αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Εν συντομία τα προσόντα ενός ILS manager θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι:

- (1) Τεχνική κατανόηση του προγράμματος
- (2) Κατανόηση των απαιτήσεων του πελάτη που απορρέουν από το συμβόλαιο.
- (3) Ικανότητα να διοικεί ανθρώπους (να τους εμπνέει, να τον εμπιστεύονται).
- (4) Να κινητοποιεί τους εργαζομένους παρέχοντας κίνητρα.
- (5) Να έχει επικοινωνιακά προσόντα (Να αντιλαμβάνονται οι υφιστάμενοι αυτό που εννοεί).
- (6) Να είναι εντός χρονοδιαγράμματος και εντός χρηματοδότησης.

Οι βασικές ενέργειες ενός manager περιγράφονται στο παρακάτω σχήμα:



Οι ενέργειες που πρέπει να αναλαμβάνει ένας manager είναι πολλές και συνεχόμενες. Εάν το project είναι μεγάλο τότε απαιτείται να υπάρχει μία ομάδα, κάθε μέλος της οποίας έχοντας τα απαραίτητα προσόντα να επιφορτίζεται με συγκεκριμένα καθήκοντα.

### **05.03 Program management tools<sup>24</sup>**

Υπάρχουν διάφορα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να διαχειριστούμε αποτελεσματικά ένα έργο. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα εργαλεία είναι το χρονοδιάγραμμα (schedule) και η χρηματοδότηση (budget). Με τον όρο χρονοδιάγραμμα εννοούμε τι πρέπει να γίνει και πότε ενώ με τον όρο χρηματοδότηση εννοούμε την ανάλωση των διατιθέμενων χρηματικών κεφαλαίων και των λοιπών περιουσιακών στοιχείων που έχει στη διάθεσή της η εταιρεία.

Προτού όμως προκαθοριστεί το χρονοδιάγραμμα και η χρηματοδότηση απαιτείται να γίνει μία ιδιαίτερα κοπιώδης εργασία που είναι γνωστή ως work breakdown, η οποία καθορίζει στην ουσία κάθε ενέργεια που πρέπει να ολοκληρωθεί προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι. Με άλλα λόγια το έργο υποδιαιρείται σε μικρότερα έργα και για κάθε ένα από αυτά καταγράφεται το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του (έναρξη – λήξη) καθώς και οι πόροι που θα απαιτηθούν για την υλοποίηση του (χρήματα, ανθρωπόωρες, μηχανήματα – αποσβέσεις). Ο καθορισμός του πόσα και ποια θα είναι αυτά τα υποέργα εξαρτάται από την εφικτότητα της διαχειρισιμότητας αυτών. Δηλαδή κάθε ένα υποέργο πρέπει να καταστεί ξεκάθαρα διαχειρίσιμο – μετρήσιμο. Στις ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ έχει τυποποιηθεί η συγκεκριμένη διαδικασία με το MIL-STD 881 (Work Breakdown Structures for Defence Material Items) όπου πέραν των αναφερθέντων καθορίζεται και ο μέγιστος αριθμός ωρών που μπορεί να απαιτηθεί για την ολοκλήρωση ενός υποέργου ανά άνθρωπο (όχι μεγαλύτερος των 40 ωρών). Η ουσία του WBS πέραν από τη χρήση του ως ελεγκτικό εργαλείο, αποτυπώνει ρεαλιστικά το χρονοδιάγραμμα και τους πόρους. Αυτό που θα πρέπει να τονίσουμε είναι ότι το WBS είναι ένα δυναμικό εργαλείο στα χέρια ενός manager. Παρακολουθώντας την υλοποίηση του προγράμματος μπορεί εύκολα και εγκαίρως να διακρίνει τις αδυναμίες του επεμβαίνοντας δραστικά μεταφέροντας πόρους από το ένα έργο σε ένα άλλο, ή να εκμεταλλεύεται αποδοτικότερα τους <περισσευόμενους> πόρους ή ακόμα καταργώντας ένα υποέργο, ανασχεδιάζοντας τις διαδικασίες.

Μετρησιμότητα έργου (Work Measurement)<sup>25</sup>: Η λεπτομερής καταγραφή των διαδικασιών του WBS είναι μόνο η αρχή του έργου. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει η χρονική εκτίμηση του κάθε έργου. Οι περισσότερες εταιρείες χρησιμοποιούν ιστορικά στοιχεία παρελθόντων ομοειδών εργασιών για τον καθορισμό του χρόνου. Όταν δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα η ομάδα θα πρέπει να υπολογίσει το χρόνο με βάση τις τεχνικές απαιτήσεις του έργου. Σε κάθε άλλη περίπτωση ο χρόνος απαιτείται να είναι λογικά τεκμηριωμένος με βάση υποστηρίξιμα στοιχεία στελεχών της εταιρείας. Στις ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ υφίσταται τυποποίηση της όλης διαδικασίας με το MIL – STD 1567A (Work Measurement). Με την διαδικασία αυτή υπολογίζεται ο συνολικός εκτιμώμενος χρόνος του έργου μέχρι την ολοκλήρωσή του, με αποτέλεσμα να παρέχεται ένα αξιόπιστο χρονοδιάγραμμα και ρεαλιστική χρηματοδότηση.

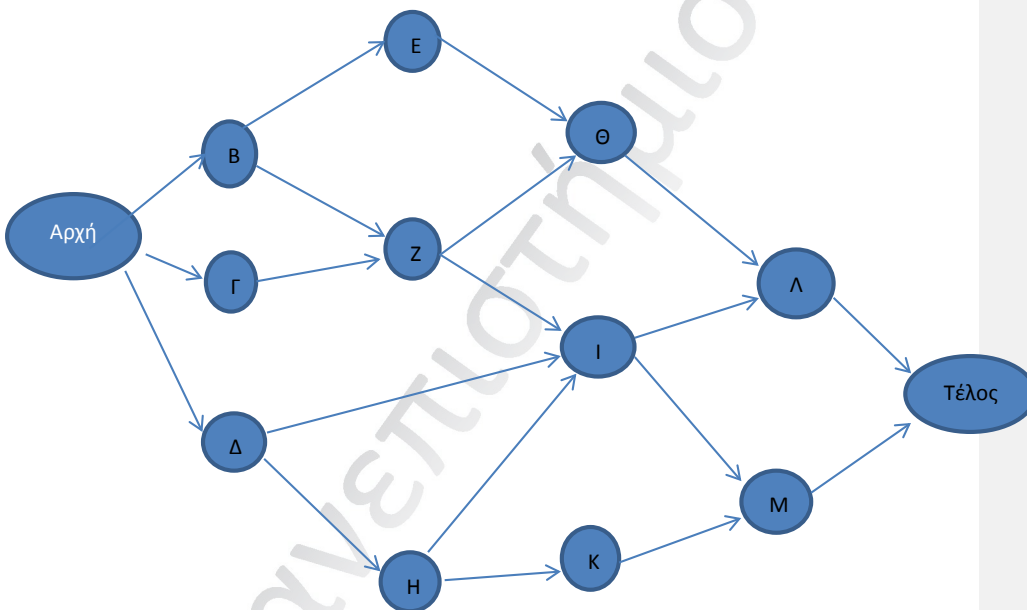
<sup>24</sup> MIL-HNBK 881, Work Breakdown Structures for Defense Material items, Department of Defence, USA 1998

<sup>25</sup> MIL-STD 1567A, Work Measurement, DoD USA 1998.

Το χρονοδιάγραμμα του προγράμματος δεν είναι μια απλή διαδικασία. Το μόνο σίγουρο είναι ότι εάν δεν ολοκληρωθεί σωστά το WBS και εάν δεν αποτυπωθεί ρεαλιστικά το χρονοδιάγραμμα, μόνο κατά τύχη θα πετύχει τους στόχους ένα πρόγραμμα. Το δύσκολο έργο της διαδικασίας είναι να γίνει ο συνδυασμός των υποέργων μεταξύ τους, να καθορισθεί ποια πρέπει πρώτα να ολοκληρωθούν για να ακολουθήσει ένα επόμενο, να διευκρινισθεί ποιο ή ποια έργα είναι κρίσιμα όπου η καθυστέρηση αυτών μπορεί να οδηγήσει στην καθυστέρηση και αποτυχία του προγράμματος.

Οι πιο εύχρηστες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τους manager είναι η μέθοδος PERT (Program Evaluation & Review Technique) και η μέθοδος CPM (Critical Path Method). Οι δύο αυτές μέθοδοι αποτυπώνουν με τη μορφή δικτύου όλα τα υποέργα, καθώς και τον συσχετισμό μεταξύ τους. Το πλεονέκτημα της χρήσης μιας εκ των δύο μεθόδων είναι ότι βοηθά τον manager να ανακαλύψει τα κρίσιμα υποέργα του προγράμματος και να επικεντρωθεί στην επιτυχή ολοκλήρωση αυτών.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί αποτυπώνεται ένα δίκτυο της μεθόδου PERT. Κάθε κόμβος του δικτύου αναπαριστά ένα υποέργο του προγράμματος και το βέλος καθορίζει τη σχέση μεταξύ των υποέργων. Πρόκειται για ένα εργαλείο διοίκησης ιδιαίτερα αποτελεσματικό που αποτυπώνει ποια υποέργα πρέπει πρώτα να ολοκληρωθούν, τότε, θέτοντας προτεραιότητες στην διάθεση των πόρων.



Η χρηματοδότηση περιλαμβάνει όλους τους πόρους που πρέπει να δαπανηθούν προκειμένου να ολοκληρωθούν όλα τα υποέργα του προγράμματος που απορρέουν από το χρονοδιάγραμμα. Το χρονοδιάγραμμα και η χρηματοδότηση



είναι δύο μεταβλητές αρμονικά αλληλεξαρτώμενες μεταξύ τους εξασφαλίζοντας την επιτυχία του προγράμματος. Το χρονοδιάγραμμα δείχνει τι πρέπει να γίνει και πότε. Η χρηματοδότηση εκφράζει τις πηγές που πρέπει να αναλωθούν για να τηρηθεί το χρονοδιάγραμμα. Ακόμα και αν δεν αλλάξουν τα υποέργα, μια αλλαγή στο χρονοδιάγραμμα θα επιφέρει αλλαγή στους αναλίσκόμενους πόρους, δηλαδή στη χρηματοδότηση. Σχεδόν πάντα η ανάλωση των χρηματικών πόρων δεν συμβαδίζει με την υλοποίηση του χρονοδιαγράμματος. Αν αυτό συμβεί, τότε ο manager δεν θα είναι σε θέση να διαχειριστεί αποτελεσματικά το πρόγραμμα. Για παράδειγμα η ολοκλήρωση ενός έργου κατά 50% δεν συνεπάγεται την αντίστοιχη ανάλωση χρημάτων κατά 50%. Κάθε υποέργο δεν απαιτεί ούτε τον ίδιο χρόνο υλοποίησης ούτε τους ίδιους χρηματικούς πόρους.

#### **05.04 DOD Programs**

Η διαχείριση των αμυντικών συμβολαίων (Department of Defence Contracts) παρακολουθείται με την χρήση εξειδικευμένων προγραμμάτων. Τέτοια είναι το πρόγραμμα οροσήμων (milestone program) και ο απολογισμός – έλεγχος (Review and Audits).

**Program Milestones:** Με το όρο ορόσημο εννοούμε κάποιο εξειδικευμένο γεγονός που συμβαίνει κατά τη διάρκεια υλοποίησης του προγράμματος, του οποίου η επιτυχής υλοποίηση – παρακολούθηση οδηγεί στην επιτυχία του προγράμματος. Κατά τη διάρκεια υλοποίησης ενός έργου ο manager καλείται να διαχειριστεί διαφόρων ειδών ορόσημα και οφείλει να αντιληφθεί την σημαντικότητα κάθε ενός από αυτών. Υπάρχουν ορόσημα που αναφέρονται στην χρονική στιγμή κατά την οποία σημαντικές αποφάσεις πρέπει να παρθούν και απολογισμοί να γίνουν. Ο manager πρέπει να είναι ικανός στο να συσχετίσει κάθε ένα από τα ορόσημα εντάσσοντάς τα στους αντικειμενικούς σκοπούς του προγράμματος. Η ενδεχόμενη αποτυχία διαχείρισης ενός έστω οροσήμου θα έχει αρνητική επιρροή τόσο στο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης όσο και στη χρηματοδότηση του προγράμματος. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται ένα τυπικό πρόγραμμα παρακολούθησης οροσήμων. Πέραν των άλλων ιδιαίτερη σημασία δίδεται στον συχνό απολογισμό του προγράμματος προκειμένου να διαπιστωθούν τυχόν αδυναμίες και να επέλθουμε εγκαίρως .

**Review and Audits:** Όλα τα εξοπλιστικά προγράμματα των ενόπλων δυνάμεων, απαιτούν την ενεργό συμμετοχή του αναδόχου σε μια σειρά αξιολογήσεων και ελέγχου για να δίνεται μια συνεχή εικόνα στην κυβέρνηση σχετικά με την έκβασή του έργου μέχρι να ολοκληρωθεί. Στις ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ η διαδικασία αυτή είναι τυποποιημένη με το MIL-STD 1521B (Technical reviews and Audits for Systems, Equipment, and Computer Software) περιλαμβάνει όλες τις προ απαιτούμενες διαδικασίες προκειμένου τα στελέχη να είναι ικανά στην αξιολόγηση του έργου. Διοργανώνονται συσκέψεις με προκαθορισμένη agenda καταγράφοντας με λεπτομέρεια τα πρακτικά των συσκέψεων.

### Milestone Schedule

ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ																							
ΓΕΦΟΝΟΤΑ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Contract award	△																						
Preliminary design review			△																				
Critical design review								△															
Functional configuration audit													△										
Physical configuration audit															△								
Qualification test																	△						
Equipment delivery																				△			
Program reviews		△		△		△		△		△		△		△		△		△		△			
LSA guidance conference		△																					
LSA		○	—																	▽			
LSAR							○	—													▽		
LSAR reviews								△		△		△		△		△		△		△			
Provisioning conference															△								
Technical manual preparation											○	—											▽
Spares delivery																			△				
Contract completion																				△			

- △ Milestone
- Activity Start
- ▽ Activity End

Για να στευχθεί με επιτυχία το logistic management απαιτεί τους κατάλληλους ανθρώπους, σωστή οργάνωση και αξιόπιστες επιχειρηματικές διαδικασίες. Αυτοί οι τρεις παράγοντες είναι υποχρεωτικό να συνυπάρχουν προκειμένου το όλο εγχείρημα να επιτύχει.

Το ILS είναι μία δυναμική διαδικασία. Είναι μία διεθνώς αποδεκτή μεθοδολογία που βελτιώνει την τεχνική υποστήριξη εξοικονομώντας πόρους για οποιοδήποτε σύστημα όχι μόνο για την χρονική περίοδο δημιουργίας του αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια χρήσης του. Στοχεύει επίσης στην βελτίωση της διαθεσιμότητας ενός όπλου, γεγονός κεφαλαιώδους σημασίας για τις ένοπλες δυνάμεις. Το κλειδί για μία επιτυχή εφαρμογή μπορεί να συνοψισθεί στις επόμενες τρεις λέξεις: Εκπαίδευση, επικοινωνία, συμμετοχή.

Πρώτα πρώτα κάθε ένας θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένος για το πώς , πότε και γιατί το ILS πρέπει να εφαρμόζεται. Δεύτερον πρόκειται για μία ομαδική εργασία όπου η ανοικτή και ελεύθερη επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας είναι υποχρεωτική προκειμένου να εστιασθούν οι δυνάμεις τους στην επίτευξη του τελικού στόχου. Τρίτον κάθε μέλος αποτελεί αδιάσπαστο κρίκο της αλυσίδας ILS. Πρόκειται για μία πολυσήμαντη διεργασία που ενσωματώνει τις προσπάθειες κάθε ενός μέσα στην οργάνωση από τον manager μέχρι τον εργάτη. Η μοναδικότητα του ILS έγκυται στο γεγονός ότι πρόκειται για μία περιεκτική διεργασία που ασχολείται με την κτήση ενός συστήματος από την πρώτη μέρα δημιουργίας του και συνεχίζει καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 06

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ILS – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τα οφέλη της χρησιμοποίησης προγραμμάτων ILS για την απόκτηση ενός αμυντικού συστήματος είναι πάρα πολλά και τα περισσότερα από αυτά έχουν χαρακτήρα μακροπρόθεσμο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα εφαρμογής του, δεν θα πρέπει να αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα ακολούθησης μιας στρατηγικής ILS. Απεναντίας έγγυται στη φιλοσοφία και στις αρχές των ενόπλων δυνάμεων να υιοθετούν τέτοιου είδους στρατηγικές με μακροπρόθεσμο όφελος τόσο στο στράτευμα όσο και στην ευρύτερη κοινωνία. Δεν είναι λίγα τα παραδείγματα φιλόδοξων προγραμμάτων με τις καλύτερες προοπτικές τα οποία εγκαταλήφθηκαν ως κοστοβόρα και ως μη ανταποκρινόμενα στις ελάχιστες απαιτήσεις του προγράμματος. Η ιστορία ιδίως των χωρών με σύγχρονη πολεμική ιστορία (πχ ΗΠΑ) είναι γεμάτη με αεροπλάνα που δεν πέταξαν ποτέ και γενικά με εγχειρήματα που αν είχαν επιτύχει, σίγουρα θα είχαν διαμορφώσει διαφορετικά τον σύγχρονο κόσμο.

Στην άμυνα ο παράγοντας κόστους σε συνδυασμό με τους περιορισμένους πόρους, και την <πίεση> των επιτελείων για επιτυχή επιχειρησιακά χαρακτηριστικά οδηγεί κάποιες φορές σε λανθασμένες αποφάσεις. Είναι πολύ σημαντικό ένα πρόγραμμα ILS να τύχει γενικής υποστήριξης προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο αποτέλεσμα. Τα επιτελεία πολλές φορές έχοντας λάβει λανθασμένες αποφάσεις για την μείωση των απαραίτητων μέσων διοικητικής υποστήριξης, ασκούν πιέσεις στη διοίκηση διοικητικής μέριμνας για υψηλή διαθεσιμότητα και αξιοπιστία.

Όσες δυσχέρειες όμως και αν προκύπτουν δεν θα πρέπει εύκολα να απορρίπτουμε ένα πρόγραμμα ILS. Οι ένοπλες δυνάμεις προκειμένου να αυξήσουν την επιχειρησιακή τους ετοιμότητα και να λειτουργούν αποδοτικά σε βάθος χρόνου τουλάχιστον 20 ετών, (όριο ζωής οπλικών συστημάτων στις ΗΠΑ, ΟΛΛΑΝΔΙΑ κ.α Στην Ελλάδα πολλές φορές αγγίζει το διπλάσιο) έχουν άμεση ανάγκη των μακροπρόθεσμων πλεονεκτημάτων ILS τα σημαντικότερα εκ των οποίων αναλύονται παρακάτω. Από το 1964 μέχρι σήμερα όπου άρχισε να εφαρμόζεται η στρατηγική ILS, πολλοί είναι αυτοί που σε ομιλίες τους αναφέρθηκαν στα μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα. Κυρίως ήταν Αμερικάνοι και Άγγλοι αξιωματούχοι, οι οποίοι πολλές φορές μίλησαν με ενθουσιασμό για αυτά.

#### **06.01 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

##### **1 : Βελτιστοποίηση της οικονομικής διαχείρισης**

Στον σύγχρονο κόσμο, είναι γεγονός ότι η οικονομική επιφάνεια των χωρών, καθορίζει και το ποσοτικό – ποιοτικό μέγεθος των ενόπλων δυνάμεών τους. Ανεξάρτητα όμως από το ΑΕΠ κάθε χώρας οι οικονομικοί πόροι είναι πάντα

περιορισμένοι για αυτό υπάρχει άμεση ανάγκη βελτιστοποίησης της χρησιμότητας αυτών. Αυτό ακριβώς πετυχαίνει η στρατηγική ILS. Όπως αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, το ILS ασχολείται με το συνολικό κόστος ζωής ενός οπλικού συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος ανάπτυξης και προμήθειας καθώς και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας καθ' όλη τη διάρκεια επιχειρησιακής του δράσης.

Η σπατάλη των οικονομικών πόρων συνέπεια της κακής διοίκησης και ελλείψεως στρατηγικών ILS, πέρα από την αποτυχία του ίδιου του προγράμματος, οδηγεί και στην μη υλοποίηση άλλων προγραμμάτων με δυσμενείς συνέπειες στην κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Η ορθή και αποτελεσματική ανάπτυξη του ILS βελτιστοποιεί την κατανομή των πόρων, την οικονομική διαχείριση και οδηγεί στην αριστοποίηση του αποτελέσματος.

## **2 : Εργαλείο λήψης ορθών αποφάσεων**

Κάθε ομάδα διοίκησης πέρα από τη μεθοδολογία που χρησιμοποιεί για να λάβει αποφάσεις, διακατέχεται από την αγωνία για το αν τελικά έλαβε την σωστή απόφαση, αν κατάφερε τελικά να λάβει υπόψη της όλες τις παραμέτρους, αν το τελικό προϊόν θα ικανοποιήσει τον πελάτη, αν τελικά θα είναι ευοίωνο το μέλλον της ομάδας και της εταιρείας. Διερωτάται κανείς: Η στρατηγική ILS μπορεί να δώσει απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα? Και αν ΝΑΙ, πως το κάνει? Το ILS παρέχει επαρκή και αξιόπιστα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη από τον αρχικό σχεδιασμό. Η ομάδα διοίκησης που είναι επιφορτισμένη με την ευθύνη λήψης αποφάσεων, έχει στη διάθεσή της επαρκή στοιχεία κόστους σε σταθερές τιμές, αποτιμώντας το συνολικό κόστος του οπλικού συστήματος το οποίο μπορεί να συγκρίνει με άλλα ομοειδή ανταγωνιστικά οπλικά συστήματα επιλέγοντας το καλύτερο.

## **3 : Διαδραστική συμμετοχή αναδόχου – παρόχου στην ανάπτυξη και λειτουργία του συστήματος.**

Είναι γεγονός ότι από τη φάση του αρχικού σχεδιασμού ενός αμυντικού συστήματος τόσο ο ανάδοχος όσο και ο πάροχος συνεργάζονται διαδραστικά. Αυτό συμβαίνει υποχρεωτικά έτσι ώστε να γίνει πλήρως αντιληπτό από την πλευρά του παρόχου για το τι χρειάζεται ο ανάδοχος, αλλά και για να διαπιστώσει ο ανάδοχος αν το αποτέλεσμα τον ικανοποιεί. Η συνεργασία αυτή συνεχίζεται καθ' όλη την διάρκεια επιχειρησιακής ζωής του συστήματος με την παροχή υπηρεσιών after sales οι οποίες προκαθορίζονται ακόμα από τη φάση σχεδιασμού. Εν συντομία περιλαμβάνουν την υλικοτεχνική υποστήριξη σε σταθερές τιμές και κάποια δικαιώματα που απορρέουν από την υπογραφή της σύμβασης που φθάνουν μέχρι την συμπαραγωγή. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι για την Ελλάδα τα υποβρύχια τύπου

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗΣ, Τορπιλάκατοι τύπου *super vita*, συμπαραγωγή εξαρτημάτων αεροσκαφών F 16 και πολλά άλλα παραδείγματα στις ένοπλες δυνάμεις της χώρας.

Εκτός όμως από τα όποια δικαιώματα που τυχόν προκύψουν, στις μέρες μας υφίσταται άμεσα η ανάγκη εξυγχιτισμού υπαρχόντων συστημάτων. Σε μία εποχή με ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη, ο κίνδυνος για ένα σπλικό σύστημα να καταστεί σε σύντομο χρονικό διάστημα παρωχημένο είναι ιδιαίτερα υψηλός με αποτέλεσμα την απαξίωση των διατιθεμένων πόρων και του ίδιου του συστήματος. Μέσω μίας στρατηγικής ILS, δημιουργείται μία σχέση εξάρτησης μεταξύ του πελάτη και του κατασκευαστή καθιστώντας το σύστημα βιώσιμο και την επένδυση αποδοτική. Τέλος μπορούμε να πούμε ότι το ILS διαμορφώνει το πλαίσιο δημιουργίας αυτών των σχέσεων ωφελώντας και τις δύο πλευρές.

#### **4 : Διαχείριση κινδύνου αποτυχίας**

Όλες οι χώρες όπως και η Ελλάδα ενδιαφέρονται για το αμυντικό ισοζύγιο ιδίως των χωρών με τις οποίες συνορεύουν ή συναγωνίζονται. Πολλές χώρες (μεταξύ των οποίων και η χώρα μας), έχουν αναπτύξει αμυντικές βιομηχανίες και παράγουν από μόνες τους πολεμικά συστήματα επενδύοντας ποσά στην έρευνα για να αποκτήσουν τεχνογνωσία που θα τους δώσει στρατηγικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών τους, μειώνοντας την εξάρτηση από άλλες χώρες, δημιουργώντας θέσεις εξειδικευμένης εργασίας, καταπολεμώντας την ανεργία.

Αν ένα πρωτότυπο αμυντικό σύστημα δεν καταφέρει να ενσωματώσει με επιτυχία τις νέες τεχνολογίες, τότε το όλο εγχείρημα κινδυνεύει να αποτύχει, καθιστώντας δυσμενέστερη τη θέση των χωρών έναντι των ανταγωνιστών τους. Μια στρατηγική ILS μειώνει τον κίνδυνο αποτυχίας που μπορεί να οφείλεται σε τεχνολογικούς ή οικονομικούς παράγοντες και όπως διαπιστώσαμε από το προηγούμενο κεφάλαιο, παρέχει τη δυνατότητα στη διοίκηση να εκτιμήσει τον κίνδυνο από την αρχική φάση σχεδιασμού, λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα για τον έγκαιρο περιορισμό του.

#### **5 : Προκαθορισμός κόστους κύκλου ζωής αμυντικού συστήματος.**

Μέσω της στρατηγικής ILS παρέχεται η δυνατότητα στα επιτελεία να αξιολογούν τα προς προμήθεια αμυντικά συστήματα όχι μόνο ανάλογα με τις επιχειρησιακές τους δυνατότητες, τα ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και την αρχική τιμή κτήσης, αλλά και με το συνολικό κόστος χρησιμότητάς του συστήματος κατά την περίοδο της επιχειρησιακής του αξιοποίησης. Με άλλα λόγια δίνεται η δυνατότητα στα επιτελεία να αποφασίσουν όχι μόνο με βάση το αρτιότερο πολεμικό σύστημα, αλλά για το αν το συγκεκριμένο σύστημα δύναται να το υποστηρίξω μελλοντικά και με τι πόρους έτσι ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως στρατηγικά.

Δεν έχουν όλες οι χώρες τις ίδιες δυνατότητες απόκτησης - χρήσης αμυντικών συστημάτων. Για κάποιες χώρες το κόστος αυτό τείνει να είναι απαγορευτικό αν λάβουμε υπόψη τον προϋπολογισμό και τα έργα που πρέπει να εκτελεστούν με αυτόν. Οι αμυντικές δαπάνες πρέπει να αναλίσκονται σε αντιστοιχία με τις λοιπές δημοσιονομικές δαπάνες του προϋπολογισμού στα πλαίσια εξοικονόμησης πόρων και όχι σπατάλης.

## **6 : Διαθεσιμότητα οπλικού συστήματος.**

Η διαθεσιμότητα ενός οπλικού συστήματος, εξαρτάται από την αξιοπιστία του και από το συνολικό κόστος που απαιτείται για να λειτουργεί πλήρως και αποδοτικά σύμφωνα με τις προδιαγραφές του. Η ανάγκη για οπλικά συστήματα στο σύγχρονο κόσμο είναι ακόρεστη και το διεθνές αμυντικό ισοζύγιο μεταξύ των χωρών, εύκολα μπορεί να διαταραχθεί. Μέσω της στρατηγικής ILS έχοντας κάνει ανάλυση αξιοπιστίας και προκαθορίσει το συνολικό κόστος, αυξάνεται η διαθεσιμότητα των συστημάτων και όταν αυτά απαιτηθούν θα επιδράσουν θετικά στην αριθμητική ισορροπία με τις αντίπαλες δυνάμεις.

### **06.02 Προοπτικές στην Ελλάδα – εφαρμογή στρατηγικής ILS στις ένοπλες δυνάμεις**

#### Περιγραφή παρούσας κατάστασης:

Η Ελλάδα είναι μία χώρα η οποία διαθέτει πολυάριθμα αμυντικά συστήματα στις ένοπλες δυνάμεις της (συμπεριλαμβανομένων των σωμάτων ασφαλείας), κατά συνέπεια είναι επιφορτισμένες με την ευθύνη συντήρησης και αποδοτικής λειτουργίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Όλη αυτή η διεργασία απαιτεί υψηλό κόστος συντήρησης και διατήρησης αξιοπιστίας προκειμένου τα οπλικά συστήματα να είναι διαθέσιμα όταν απαιτηθούν. Επιπροσθέτως αν λάβουμε υπόψη την γεωστρατηγική θέση της χώρας όσον αφορά την προάσπιση των εθνικών της συμφερόντων, τις απειλές από την Τουρκία αλλά και την συμμετοχή της στη συμμαχία του NATO, η ανάγκη για συντήρηση – αναβάθμιση των υπαρχόντων συστημάτων, και η προμήθεια νέων, μάλλον δεν πρόκειται να εκλείψει. Καταλήγουμε δηλαδή στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή στρατηγικών ILS είναι όσο ποτέ άλλοτε επιτακτική. Γίνεται δε ακόμα πιο επιτακτική μετά την οικονομική κρίση που πλήττει την χώρα μας και την σημαντική μείωση του προϋπολογισμού στις αμυντικές δαπάνες.

Η πλειονότητα των αμυντικών συστημάτων στη χώρα μας είναι εισαγόμενα κυρίως από Ευρωπαϊκές χώρες και τις ΗΠΑ. Οι χώρες αυτές εφαρμόζοντας μεθόδους ILS κατάφεραν όχι μόνο να θωρακίσουν την άμυνα τους αλλά να εδραιωθούν στο παγκόσμιο χάρτη ως κυρίαρχες διαμορφώνοντας τις ισορροπίες στο διεθνές αμυντικό ισοζύγιο. Η Ελλάδα από την άλλη πλευρά είναι αναγκασμένη να

<εξαρτάται> από τις ανωτέρω παραγωγές χώρες όσον αφορά την υποστήριξη των συστημάτων στον τεχνικό-εφοδιαστικό τομέα. Η εφαρμογή ILS μπορεί να καθορίσει το πλαίσιο συνεργασίας και τον βαθμό εξάρτησης. Όμως στη χώρα μας θα πρέπει να κάνουμε ένα βήμα παραπάνω γιατί οι προοπτικές υπάρχουν και οι συνθήκες το απαιτούν.

#### **Δυναμικό χώρας:**

Η Ελλάδα θεωρείται μικρή χώρα στον κόσμο όσον αφορά την έκτασή της, τον πληθυσμό της, το ΑΕΠ της. Παρόλαυτά από πολλούς λέγεται ότι είναι πλούσια. Ποιος είναι άραγε αυτός ο πλούτος ; Δεν θα ήθελα να αναφερθώ στον ήλιο, στα όμορφα νησιά και στον πολλά υποσχόμενο τουρισμό. Όλα αυτά υπάρχουν και βοηθούν αλλά μήπως τελικά δεν είναι αρκετά;

**Ανθρώπινο δυναμικό :** Η πλειοψηφία των νέων της χώρας μας σπουδάζει και καταρτίζεται επιστημονικά τόσο σε πανεπιστημιακά ιδρύματα του εσωτερικού όσο και της αλλοδαπής. Για την εφαρμογή και υποστήριξη του ILS απαιτούνται εξειδικευμένοι τεχνικοί και οικονομικοί επιστήμονες οι οποίοι σίγουρα υφίστανται.

**Υποδομές:** Παρόλο που η χώρα μας δεν είναι γνωστή ως παραγωγός χώρα, υπάρχουν αμυντικές βιομηχανίες οι οποίες συνεισφέρουν σημαντικά στη έρευνα και την παραγωγή αμυντικών συστημάτων αλλά και στην συντήρηση του υπάρχοντος εξοπλισμού. Τέτοιες είναι η ΕΑΒ, η ΕΛΒΟ, η ΕΑΣ, τα ΕΝΑΕ. Στόχος είναι η ικανοποίηση των εθνικών στρατιωτικών αναγκών, η αύξηση της συμμετοχής των εγχώριων κατασκευαστών και η μείωση της εξάρτησης από προμηθευτές του εξωτερικού. Από τεχνολογικής πλευράς η προσπάθεια κρίνεται επιτυχής καθώς η ελληνική αμυντική βιομηχανία, παράγει μία μεγάλη ποικιλία εξοπλισμού για τις ανάγκες των ενόπλων δυνάμεων.

#### **ΟΡΑΜΑ**

Η Ελλάδα είναι μία χώρα χωρίς επεκτατικές βλέψεις. Η αμυντική της πολιτική επικεντρώνεται καθαρά στην προάσπιση των εθνικών συνόρων της και ό,τι περικλείεται μέσα σε αυτά. Η άμυνα της χώρας αποτελεί ένα άτυπο εργαλείο διπλωματίας. Η χώρα μας δεν μπορεί να ανταγωνιστεί ποσοτικά άλλες χώρες. Έχει όμως την δυνατότητα να βελτιωθεί ποιοτικά όσον αφορά το επίπεδο των παρεχόμενων αμυντικών υπηρεσιών και την ανάπτυξη τεχνολογίας μέσα από την έρευνα. Η στρατηγική ILS εγγυάται την διασφάλιση της ποιότητας, της διαθεσιμότητας των οπλικών συστημάτων, σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση πόρων. Οι προοπτικές και οι υποδομές φαίνεται ότι υπάρχουν, ίσως να στερούμαστε πολιτικής βούλησης. Ως Έθνος θα αισθανόμασταν πολύ περήφανοι αν κάποια μέρα στο μέλλον η χώρα μας έφτανε στο σημείο να κατασκευάσει και να λειτουργήσει ένα δικό της όπλο, μία φρεγάτα.....



## ΠΗΓΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT HANDBOOK 3<sup>rd</sup> Edition  
JAMES V. JONES, sole press 2010.
2. Benjamin Blanchard, Logistics Engineering and Management, 5<sup>th</sup>  
Edition, Prentice Hall.
3. Langford JW, Logistics Principles & Practices, MC Graw Hill Book  
Co. 1995.
4. MILL-HDBK 502: Acquisition Logistics, Department of Defense  
USA, Washington MAY 1997.
5. DEF-STAN 00-60: ILS Planning & Management, United Kingdom  
Ministry of Defense.
6. MILL-STD 882B: System Safety Program Requirements  
Department of Defense, Washington 1998.
7. MILL-STD 785: Reliability Program for System Equipment  
Development and Production.
8. MILL-STD 1388 1A: Military Standard for Logistic Support Analysis  
(LSA) DoD, Washington 1991.
9. MILL-STD 1388 2B: Military Standard, Requirements for LSA  
Record Washington 1991.
10. U.S Nuclear Regulatory Commission (NUREG 0492) Fault Tree  
Handbook
11. MILL-STD 1390: Military Standard, Level of Repair Analysis  
(LORA), Department of Defense USA Washington 2002.
12. MILL-STD 1629A: Military Standard procedures for Performing a  
Failure Mode Effects Criticality Analysis (FMECA) DoD Washington  
1990.
13. MIL-HDBK 61A: Configuration Management Guidance, DoD USA  
Washington 2001.
14. MIL-HDBK 881: Work Break down structure for Defense material  
items, DoD USA Washington 1998.
15. MIL-STD 1567A: Work Measurement, USA 1998.
16. MIL-STD 1521B: Technical Reviews & Audits for Systems,  
Equipment DoD USA Washington 1985.
17. [www.Mtain.com](http://www.Mtain.com).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ <<Α>>

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

Ο όρος αξιοπιστία ακούγεται και χρησιμοποιείται πολλές φορές από τους ανθρώπους γύρω μας και επί της ουσίας εκφράζει την εμπιστοσύνη που έχουμε σε ένα μηχάνημα ή συσκευή να χαλάει όσο το δυνατόν λιγότερες φορές την διάρκεια που τα χρησιμοποιούμε. Όπως καταλαβαίνουμε δεν υπάρχει μηχάνημα που να μην χαλάει ποτέ διότι κάποια στιγμή στο μέλλον θα εμφανιστεί βλάβη. Όσο μάλιστα συχνότερα εμφανίζεται μια βλάβη, τόσο μεγαλύτερα είναι τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε και προέρχονται από το υψηλό κόστος επισκευής, και την απώλεια εργατοωρών από την μη κανονική λειτουργία της συσκευής. Η μελέτη της αξιοπιστίας, μας δίνει την δυνατότητα να εντοπίσουμε το πρόβλημα και τα περιθώρια που έχουμε για επίλυση ώστε να επιλέξουμε την προσφορότερη λύση για το περιβάλλον στο οποίο εργαζόμαστε σε συνδυασμό με το κόστος που είμαστε διαθετιμένοι να καταβάλουμε. Η δυνατότητα για εντοπισμό του κατάλληλου χρόνου παρέμβασης, βοηθά στην καθιέρωση προληπτικής συντήρησης για την αποτροπή της ενδεχόμενης βλάβης και την ελαχιστοποίηση του κόστους.

Η αξιοπιστία μπορεί να ορισθεί με πολλούς τρόπους:

- Η ιδέα ότι κάτι εκπληρώνει το σκοπό του σε σχέση με τον χρόνο.
- Η ικανότητα μιας μηχανής ή συστήματος να λειτουργεί όπως σχεδιάστηκε.
- Η αντίσταση μιας μηχανής ή ενός συστήματος στην αστοχία.
- Η ικανότητα μιας μηχανής ή ενός συστήματος να έχει την λειτουργία και την απόδοση που απαιτείται κάτω από ορισμένες συνθήκες για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

Στις Ένοπλες Δυνάμεις όσον αφορά την αξιοπιστία των οπλικών συστημάτων η αξιοπιστία ορίζεται ως εξής:

Αξιοπιστία<sup>26</sup> ορίζεται η πιθανότητα ενός συστήματος, υποσυστήματος, συσκευής ή εξαρτήματος, να λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του (εμφάνιση μηδενικών βλαβών) για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και κάτω από προσδιορισμένες συνθήκες (δεδομένο λειτουργικό περιβάλλον).

Βελτίωση αξιοπιστίας σημαίνει απουσία αστοχιών. Αυτό γίνεται με την βελτίωση της ζωής ενός εξαρτήματος ή μιας μηχανής. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αστοχιών σε έναν οργανισμό: αστοχία του εξοπλισμού, της ποιότητας, των διαδικασιών, του προϊόντος, της ασφάλειας. Οποιοδήποτε στοιχείο και αν επιλέγει ο οργανισμός να βελτιώσει, η βελτίωση της αξιοπιστίας θα πρέπει να κατορθώνει τα παρακάτω:

- Μείωση του κόστους και καλύτερα κέρδη.
- Βελτίωση της ποιότητας της αγοράς και του προϊόντος.

<sup>26</sup> MIL-STD 785: Reliability program for system and equipment development and production.

- Βελτίωση της παραγωγικότητας και της οικονομικής αποδοτικότητας εσωτερικών διαδικασιών του οργανισμού.
- Βελτίωση της τεχνολογίας της ασφάλειας και του περιβάλλοντος.
- Βελτίωση του ταλέντου, της καινοτόμου ικανότητας και των γνώσεων του ανθρώπινου δυναμικού του οργανισμού.
- Βελτίωση της οργάνωσης των πληροφοριών.

Προφανώς η επιτυχία μιας επιχείρησης στην αγορά, εξαρτάται από την βελτίωση της αξιοπιστίας όλων των παραπάνω στοιχείων. Σε αυτό μπορεί να βοηθήσει η συντήρηση ακριβείας που στόχο της έχει αυτή ακριβώς την βελτίωση της αξιοπιστίας μέσω της πρόβλεψης μιας αστοχίας και του εντοπισμού του ακριβούς σημείου της, αλλά κυρίως μέσω της αναγνώρισης της πιθανής αιτίας αστοχίας που θα οδηγήσει στις απαραίτητες τροποποιήσεις ή επανασχεδιασμούς στο σύστημα ώστε αυτή να μην ξαναεμφανιστεί.

Τα στοιχεία που προσδιορίζουν την αξιοπιστία είναι:

A) Ο κύκλος λειτουργίας που ορίζεται σαν ο χρόνος ή ο αριθμός των περιόδων για τις οποίες το σύστημα είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί χωρίς παρέμβαση ή βλάβη. Συνήθως ορίζεται σε χιλιάδες ώρες.

B) Συχνότητα βλαβών (failure rate) που ορίζεται σαν τον αριθμό των βλαβών στην μονάδα του χρόνου. Πχ εάν ένα σύστημα εμφανίζει 4 βλάβες ανά 500 ώρες λειτουργίας, τότε:

$$\lambda_i = \text{αριθμός βλαβών/ώρες λειτουργίας} = 4/500 = 0,008$$

Γ) Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (MTBF) : Ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί μέχρι την παρουσίαση μιας βλάβης.

Στο παράδειγμά μας  $MTBF = 500/4 = 125$  ώρες. Δηλαδή περιμένουμε κατά μέσο όρο το μηχάνημά μας να εμφανίσει μία βλάβη ανά 125 ώρες λειτουργίας.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι  $MTBF = 1/\lambda_i$  ή  $\lambda_i = 1/MTBF$ .

Βλάβη ορίζεται η αδυναμία ενός συστήματος, να λειτουργήσει σύμφωνα με τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί από τον κατασκευαστή του. Βλάβη επίσης θεωρείται και η λειτουργία εκτός ορίων ενός μηχανήματος.

Η αξιοπιστία συνδέεται άμεσα με το συνολικό κόστος λειτουργίας ενός συστήματος γιατί όταν παρουσιάζεται χαμηλή αξιοπιστία δηλαδή μεγάλη συχνότητα βλαβών τότε απαιτούνται πολλές εργατοώρες για την επισκευή, μεγάλος αριθμός ανταλλακτικών κ.α.

#### Ορισμός Αξιοπιστίας

Από τον ορισμό της αξιοπιστίας ορίζονται τα κάτωθι:

$R_t$  = αξιοπιστία

$F_t$  = πιθανότητα βλάβης του συστήματος

$t$  = ο προκαθορισμένος χρόνος του κύκλου λειτουργίας

$\mu$  = MTBF ο μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών

$\lambda$  = ο αριθμός βλαβών στη μονάδα του χρόνου =  $1/\text{MTBF} = 1/\mu$

$$R_t = 1 - f_t \quad \text{και} \quad f_t = (1/\mu) * e^{-t/\mu} \quad \text{από τα οποία προκύπτει ότι:}$$

$$R_t = e^{-\lambda t}$$

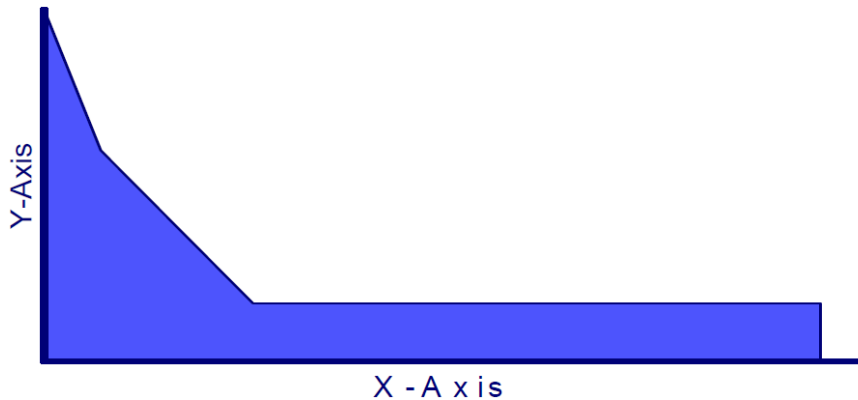
$$R_t = 1 - F_t = \int F_{(t)} d$$

Αν τοποθετήσουμε την συχνότητα βλαβών σε άξονες όπου ο άξονας των  $\Psi$  μας δίνει τον αριθμό των βλαβών σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο και ο άξονας των  $X$  μας δίνει τον χρόνο ζωής του συστήματος, τότε παρατηρούμε τις παρακάτω μορφές των καμπυλών.



Πρόκειται για την κλασική μορφή καμπύλης συχνότητας βλαβών η οποία είναι ιδιαίτερα αυξημένη στο πρώτο διάστημα λειτουργίας του συστήματος και στο τέλος. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με βλάβες που παρουσιάζει ένα σύστημα μέχρι να ομαλοποιηθεί η αρχική του λειτουργία. Στη συνέχεια με την ομαλοποίηση της

λειτουργίας του το σύστημα ισορροπεί και παρουσιάζει σταθερά χαμηλή συχνότητα βλαβών οι οποίες αρχίζουν πάλι να αυξάνονται όταν το σύστημα φτάσει στην γήρανση. Τέτοιου είδους καμπύλες παρουσιάζουν κυρίως τα μηχανολογικά συστήματα ενώ τα ηλεκτρονικά παρουσιάζουν μια διαφορετική μορφή όπως παρακάτω:



Εδώ παρουσιάζεται επίσης αυξημένος αριθμός βλαβών στην αρχή όπως και στα μηχανολογικά συστήματα η οποία όμως όταν ξεπεράσει τα αρχικά στάδια, ομαλοποιείται και παραμένει σταθερή σε όλο το διάστημα του κύκλου ζωής του συστήματος.

Σε πραγματικές συνθήκες εργασίας, τα συστήματα αποτελούνται από άλλα υποσυστήματα συσκευές και εξαρτήματα. Αν ένα από αυτά αστοχήσει τότε όλο το σύστημα θα παύσει να λειτουργεί ή να λειτουργεί εκτός ορίων. Έτσι για να μπορέσουμε να μελετήσουμε την αξιοπιστία του συστήματος συνολικά, θα πρέπει να αναλύσουμε και να υπολογίσουμε ξεχωριστά την αξιοπιστία κάθε ενός υποσυστήματος. Η τελική αξιοπιστία εξαρτάται από την σύνδεση των υποσυστημάτων δηλαδή εάν αυτά είναι σε σειρά ή είναι παράλληλα καθώς και από το πόσο απαραίτητο είναι το κάθε ένα ξεχωριστά για την λειτουργία του συστήματος. Όταν τα υποσυστήματα είναι σειριακά τότε η συνολική αξιοπιστία του σύνθετου συστήματος ισούται με το γινόμενο των επιμέρους συστημάτων. Δηλαδή:

$$R_a = (R_{a1}) * (R_{a2}) * (R_{a3}) \dots \dots \dots (R_{an})$$

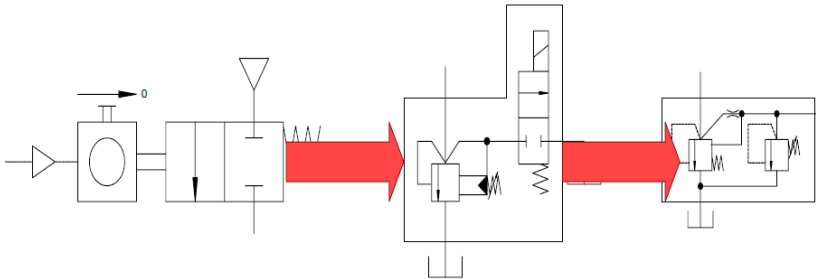
Όπου :

$R_a$  = Η συνολική αξιοπιστία της συσκευής

$R_{a1}$  = Η αξιοπιστία της συσκευής  $a_1$

$R_{an}$  = Η αξιοπιστία της συσκευής  $a_n$

και  $n$  ο αριθμός των υποσυστημάτων



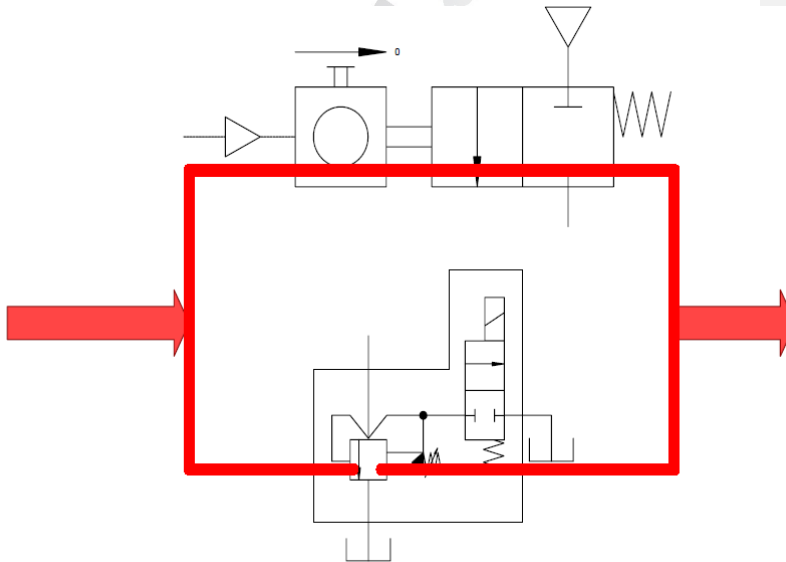
Όταν έχουμε δύο υποσυστήματα συνδεδεμένα παράλληλα και το σύστημα είναι δυνατόν να λειτουργεί ικανοποιητικά μόνο την λειτουργία του ενός υποσυστήματος, τότε η αξιοπιστία του συστήματος υπολογίζεται από το άθροισμα της αξιοπιστίας των επιμέρους συστημάτων μείον το γινόμενο της αξιοπιστίας τους.

Δηλαδή:

$$R_{\alpha} = (R_{a1}) + (R_{a2}) - (R_{a1}) * (R_{a2})$$

Όταν το σύστημα αποτελείται από παραπάνω του 2 παράλληλα υποσυστήματα, τότε η αξιοπιστία υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$R_{\alpha} = 1 - (1 - R_{a1}) * (1 - R_{a2}) * (1 - R_{a3}) * \dots * (1 - R_{an})$$



Στο παράλληλο σύστημα η συνολική αξιοπιστία αυξάνεται, παρά το γεγονός ότι κάθε υποσύστημα ξεχωριστά μπορεί να έχει μικρότερη αξιοπιστία διότι η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης ελαχιστοποιείται.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται συνοπτικά τα πρότυπα τυποποίησης που έχουν δημιουργηθεί από τις Ένοπλες Δυνάμεις ανά τον κόσμο και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ανάπτυξη των οπλικών συστημάτων εφαρμόζοντας το Integrated Logistic Support (ILS) σε κάθε φάση ανάπτυξης του συστήματος που αναπτύχθηκαν κυρίως από τις Ένοπλες Δυνάμεις των ΗΠΑ. Επί της ουσίας αποτελούν απόδειξη της επαγγελματικής και επιστημονικής κατάρτισης των δυνάμεων αυτών. Η τυποποίηση των διαδικασιών εγγυάται την αρτιότητα του οπλικού συστήματος ως τελικό προϊόν και για όλη την διάρκεια χρήσης του.

#### MILITARY STANDARDS

MIL – STD 12	Abbreviations for use on Drawings, Specifications, Standards, and in Technical Documents
MIL – STD 129	Marking for shipment & storage
MIL – STD 137	Material handling equipment
MIL – STD 280	Definitions of item levels, item exchangeability, models and related items
MIL – STD 335	Technical manual: repair parts & special tools list
MIL – STD 470	Maintainability for systems & equipment
MIL – STD 471	Maintainability verification/demonstration/evaluation
MIL – STD 482A	Configuration status accounting data elements and related features
MIL – STD 756B	Reliability modeling & prediction
MIL – STD 781	Reliability design qualification & production
MIL – STD 785B	Reliability program for system and equipment development and production
MIL – STD 794	Procedures of packaging parts & equipment
MIL – STD 810D	Environmental test methods & engineering guidelines
MIL – STD 839	Selection and use of parts with established reliability levels
MIL – STD 881	Work breakdown structures for defense material items
MIL – STD 882 B	System safety program requirements
MIL – STD 965 A	Parts control program
MIL – STD 973	Configuration management
MIL – STD 1309C	Definition of terms for test measurement and diagnostic equipment
MIL – STD 1319A	Items characteristics affecting transportability and packaging and handling equipment design
MIL – STD 1345B	Preparations of test requirements document
MIL – STD 1364	Standard general purpose electronic test equipment
MIL – STD 1365	General design criteria for handling equipment associated with weapons and weapon system
MIL – STD 1366	Definition of transportation and delivery mode dimensional constraints
MIL – STD 1367	Packaging, handling storage and transportability program requirements for systems & equipments
MIL – STD 1369A	Integrated logistic support program requirements
MIL – STD 1379D	Military training programs

MIL – STD 1387	Preparation and submission of data for approval of nonstandard general purpose electronic test equipment.
MIL – STD 13881A	Logistic support analysis.
MIL – STD 13882B	DoD requirements for a logistic support analysis record.
MIL – STD 1390D	Level of repair analysis.
MIL – STD 1472	Human engineering design criteria for military systems, equipment and facilities.
MIL – STD 1478	Task performance analysis.
MIL – STD 1510	Procedures for use of container design retrieval system.
MIL – STD 1519	Preparation of test requirements document.
MIL – STD 1521B	Technical review and audits for systems equipment, and computer software.
MIL – STD 1552	Uniform department of defense requirements for provisioning technical documentation.
MIL – STD 1556A	Government/industry data exchange program.
MIL – STD 1561	Uniform department of defense provisioning procedures.
MIL – STD 1567A	Work measurement.
MIL – STD 1629	Failure modes effects and criticality analysis.
MIL – STD 1635	Reliability growth testing.
MIL – STD 1843	Reliability centered maintenance for aircraft engine and equipment.
MIL – STD 2073 1A	Procedures for development and application of packaging requirements.
MIL – STD 2073-2	Packaging requirement codes.
MIL – STD 2076	General requirement for unit under test compatibility with automatic test equipment.
MIL – STD 2077	General requirements for test program sets.
MIL – STD 2068	Reliability development tests.
MIL – STD 2165	Testability program for electronic systems.

#### MILITARY HANDBOOKS

MIL-HDBK 61	Configuration management.
MIL-HDBK 217	Reliability prediction of electronic equipment.
MIL-HDBK 2173	Application of reliability centered maintenance to naval aircraft, weapon systems, and support equipment.
MIL-HDBK 220B	Glossary of training device terms.
MIL-HDBK 338	Electronic reliability design handbook.
MIL-HDBK 472	Maintainability prediction.
MIL-HDBK 502	Acquisition logistics.
MIL-HDBK 759A	Human factors engineering design for army material.
MIL-HDBK 63038-1	Technical manual writing handbook.
MIL-HDBK 63038-2	Technical writing style guide.



### MILITARY SPECIFICATIONS

MIL-A-8421	General specification for air transportability.
MIL-D-26239A	Qualitative and quantitative personnel requirements information data.
MIL-G-29011	Preparation of guides for operation and maintenance of training aids.
MIL-H-46855B	Human engineering requirements for military systems, equipment and facilities
MIL-M-38784B	Technical manuals: general style and format requirements.
MIL-M-38807A	Technical manuals: preparation of illustrated parts breakdown.
MIL-M-63036A	Preparation of operators technical manual.
MIL-M-63038B	Technical manual: organizational or aviation unit, direct support or aviation intermediate, and general support maintenance.
MIL-M-63041C	Technical manuals: preparation of depot maintenance work requirements.
MIL-M-81919A	Preparation of support equipment technical manuals.
MIL-P-116	Methods of preservation.
MIL-P-9024G	Packaging, handling and transportability in system/equipment acquisition.
MIL-PRF-49506	Logistics management information.
MIL-T-23991E	General specification for military training devices.
MIL-T-29053A	Training requirements for aviation weapon systems.

### DoD STANDARDS

DOD-STD 100C	Engineering drawing practices.
DOD-STD 480A	Configuration control engineering changes, deviations and waivers.
DOD-STD 1685	Comprehensibility standards for technical manual.
DOD-STD 2167A	Defense system software development.

### DoD HANDBOOKS

DOD HDBK 743	Anthropometry of U.S. Military personnel.
--------------	---

### DoD DIRECTIVES

DOD-D-1000B	Drawing engineering and associated lists.
-------------	---

#### OTHER STANDARDS

The Association European des constructeurs de Material Aerospatiale (AECMA) .

AECMA S1000D	Common source database for the production of technical publications.
AECMA S2000M	Integrated specification for materials management – integrated data processing for military equipment.

#### DEFENCE STANDARDS – UNITED KINGTOM

Def Stan 00-25	Human factors for designers of systems.
Def Stan 00-40	Reliability and maintainability.
Def Stan 00-41	Reliability and maintainability.
Def Stan 00-42	Reliability and maintainability assurance guidance
Def Stan 00-43	Reliability and maintainability assurance activity.
Def Stan 00-44	Reliability and maintainability data collection and classification.
Def Stan 00-56	Safety management requirements for defense systems.
Def Stan 00-60	Integrated logistic support.
Def Stan 02-45	Requirements for the application of reliability centered maintenance (RCM).