



**Υπολογισμός πιθανότητας εμφάνισης ατυχήματος
στο χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών στο
αεροδρόμιο 'Ιωάννης Δασκαλογιάννης' και μελέτη
επιρροής παραγόντων αυτών.**

Διατριβή που υπεβλήθη για τη μερική
ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης από το

Μάνη Γεώργιο

Χανιά, 28 Ιαν. 18

Η διατριβή του Μάνη Γεώργιου εγκρίνεται από τους κ.κ.

Κοντογιάννης Θωμάς

Επιβλέπων Εργασίας

Μουστάκης Βασίλειος

Καθηγητής

Γρηγορούδης Ευάγγελος

Καθηγητής

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Οργάνωσης και Διοίκησης» του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης στο πολυτεχνείο Κρήτης.

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας ολοκληρώνεται μία ακόμα σελίδα στο βιβλίο της ζωής μου. Αυτή η σελίδα βέβαια δεν θα ήταν ποτέ τόσο ορθά διατυπωμένη εάν δεν υπήρχε το αμέριστο ενδιαφέρον και καθοδήγηση του Δρ. Θωμά Κοντογιάννη. Αυτός είναι και ο λόγος που αισθάνομαι βαθύτατα την ανάγκη να τον ευχαριστήσω για τον προσωπικό χρόνο τον οποίο αφιέρωσε ώστε να με συμβουλέψει για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας καθώς επίσης και για την εμπιστοσύνη και τον σεβασμό που επέδειξε προς το πρόσωπό μου το παραπάνω χρονικό διάστημα.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους κυρίους Μουστακή Βασίλειο και Γρηγορούδη Ευάγγελο για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην αξιολόγηση της εργασίας αυτής.

Τέλος δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ στην οικογένειά μου η οποία πάντα πίστευε σε μένα και συνεχίζει να με στηρίζει μέχρι και σήμερα με όσα μέσα διαθέτει αυτούς τους χαλεπούς καιρούς.

Περιεχόμενα	
Ευχαριστίες	3
Περίληψη	6
Κεφάλαιο 1ο	8
Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας	8
1.1 Γενικά περί υγιεινής και ασφάλειας	8
1.2 Τι είναι κίνδυνος.....	8
1.3 Τι είναι εργατικό ατύχημα	9
1.4 Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας	10
1.5 Υποχρέωση πρόνοιας	13
1.6 Πρόληψη εργατικών ατυχημάτων	14
1.7 Επαγγελματικός κίνδυνος	15
1.8 Ανθρώπινος παράγοντας	16
1.9 Ενεργές ή λανθάνουσες αστοχίες	17
1.10 Θεωρία Συστημικών άμυνων ή φραγμών	18
Κεφάλαιο 2ο	20
Ο χώρος εξυπηρέτησης των αεροσκαφών	20
2.1 Γενικά.....	20
2.2 Ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης.....	21
2.3 Κόστη στον χώρο εξυπηρέτησης	24
2.4 Πρόγραμμα Πρόληψης Ατυχημάτων στο Έδαφος	27
Κεφάλαιο 3ο	29
Το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης.....	29
3.1 Ιστορικά	29
3.2 Τοποθεσία	30
3.3 Χαρακτηριστικά.....	31
3.4 Το αεροδρόμιο σε αριθμούς.....	32
3.5 Ο χώρος εξυπηρέτησης στο Ιωάννης Δασκαλογιάννης	37
Κεφάλαιο 4ο	41
Διαγραμματική αναπαράσταση λαθών με χρήση δέντρων αστοχιών.....	41
4.1 Ιεραρχία των γεγονότων	41
4.2 Κορυφαίο γεγονός.....	42
4.3 Παραδοχές για την δημιουργία του δέντρου	42
4.4 Σχεδιασμός του δέντρου	43

4.5	Επεξήγηση συμβολισμών δέντρων αστοχιών	43
	Διαγράμματα κινδύνων- φραγμών- ατυχημάτων	44
4.6	Εισαγωγή	44
4.7	Ανάπτυξη ενός διαγράμματος κινδύνων- φραγμών- ατυχημάτων	45
	Κεφάλαιο 5ο	47
	Ποσοτικοποίηση και εκτίμηση επικινδυνότητας	47
5.1	Συστημική εκτίμηση επικινδυνότητας	47
5.2	Δισδιάστατος πίνακας επικινδυνότητας	51
5.3	Δείκτης επικινδυνότητας για ανθρώπινες εργασίες	52
5.4	Αναγνώριση και αξιολόγηση κινδύνων με χρήση διαγραμμάτων κινδύνων- φραγμών- ατυχημάτων	56
5.5	Τα μέτρα προστασίας- πρόληψης/ φραγμοί	57
	Κεφάλαιο 6ο	60
	Συνδυαστική Εφαρμογή Μεθόδων	60
6.1	Εισαγωγή	60
6.2	Λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων	60
6.2.1	Μέτρα πρόληψης και πιθανές επιπτώσεις	63
6.2.2	Υπολογισμός πιθανότητας εμφάνισης μίας επίπτωσης	65
6.3	Πυρκαγιά από σύγκρουση αεροσκαφών ή αεροσκάφους με όχημα εξυπηρέτησης 71	
6.3.1	Μέτρα πρόληψης και πιθανές επιπτώσεις	71
6.3.2	Υπολογισμός πιθανότητας πρόκλησης επίπτωσης	74
6.4	Σύγκρουση αεροσκάφους με όχημα εξυπηρέτησης	79
6.4.1	Μέτρα πρόληψης και πιθανές επιπτώσεις	82
6.4.2	Υπολογισμός πιθανότητας εμφάνισης μίας επίπτωσης	82
	Κεφάλαιο 7ο	89
	Συμπεράσματα και προτάσεις	89
	Βιβλιογραφία	93
	Διεθνής βιβλιογραφία	93
	Ελληνική βιβλιογραφία	94
	Διαδίκτυο	94

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι φορείς ερευνούν τα αεροπορικά ατυχήματα που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος στο χρόνο μεταξύ της προσγείωσης, εξυπηρέτησης και απογείωσης του αεροσκάφους. Αυτές οι διαδικασίες απασχολούν προσωπικό καθώς επίσης και εξοπλισμό υψηλού κόστους και εμπεριέχουν εργασίες όπως ο ανεφοδιασμός του αεροσκάφους, έλεγχος πριν και μετά την πτήση του αεροσκάφους, χειρισμό αποσκευών κλπ. Τα κόστη σε ένα ατύχημα είναι πολύ υψηλά είτε το ατύχημα επηρεάσει το έμψυχο δυναμικό της εταιρείας είτε τον εξοπλισμό αυτής.

Το κόστος ετησίως για την παγκόσμια αγορά υπολογίζεται περί τα 10 δισεκατομμύρια δολάρια, EASA (2009).

Στην παρούσα εργασία λαμβάνοντας ως αφορμή τις όλο και αυξανόμενες απαιτήσεις στο αεροδρόμιο 'Ιωάννης Δασκαλογιάννης' λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης του κλάδου του τουρισμού, θα υπολογιστεί η πιθανότητα πρόκλησης μίας ανεπιθύμητης επίπτωσης στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών στο αεροδρόμιο η οποία προέρχεται από κάποιο κεντρικό λανθάνων γεγονός. Ο υπολογισμός αυτός εκτελέστηκε με ανάλυση διαγραμμάτων bow tie για τρεις διαφορετικές καταστάσεις: α) Λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογείωσης και προσγειώσεων, β) Πυρκαγιά από σύγκρουση αεροσκαφών ή αεροσκάφους με όχημα εξυπηρέτησης και γ) Σύγκρουση αεροσκάφους με όχημα εξυπηρέτησης. Οι πιθανές επιπτώσεις οι οποίες μπορούν εν δυνάμει να προκληθούν καθιστούν απαραίτητη την ανάλυσή τους και τον υπολογισμό της πιθανότητας να οδηγηθεί το σύστημα σε αυτές.

Αρχικά στο πρώτο κεφάλαιο παρατίθενται κάποιοι απαραίτητοι ορισμοί που αφορούν την υγιεινή και την ασφάλεια εργασίας δίδοντας ιδιαίτερη έμφαση στα 'συστήματα διαχείρισης ασφάλειας' και στην 'θεωρία συστημικών άμυνων ή φραγμών'.

Στην συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο οριοθετείτε ο χώρος εξυπηρέτησης αεροσκαφών σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα που έχουν καθοριστεί από την IATA (International Air Transport Association). Γίνεται μία εκτενή αναφορά στα πιθανά ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης, τα κόστη που προέρχονται από αυτά καθώς επίσης και στα μέτρα πρόληψης που έχουν θεσπιστεί για την αποτροπή τους.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στον διεθνή αερολιμένα των Χανίων. Παραθέτοντας ιστορικά και αριθμητικά στοιχεία για το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης, αναλύεται ο χώρος εξυπηρέτησης του καθώς αποτελεί το κύριο χώρο ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας.

Ακολούθως στα κεφάλαια τέσσερα και πέντε αναλύονται οι μέθοδοι αναπαράστασης λαθών με χρήση δένδρων αστοχιών, και διαγραμμάτων κινδύνων-φραγμών- ατυχημάτων, καθώς επίσης και μία μέθοδος ποσοτικοποίησης και εκτίμησης

επικινδυνότητας οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της πιθανότητας να συμβεί μία επίπτωση στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών.

Στο έκτο κεφάλαιο εκτελείται μία συνδυαστική εφαρμογή των μεθόδων που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο ώστε ο ερευνητής να προχωρήσει στον υπολογισμό των πιθανοτήτων να οδηγηθεί το σύστημα σε μία επίπτωση για τις τρεις προαναφερθέντες λανθάνουσες καταστάσεις. Εκτελείται χαρακτηρισμός της παρούσας κατάστασης και προτείνονται βελτιώσεις για κάθε μία από αυτές.

Στο έβδομο κεφάλαιο συγκεντρώνεται το σύνολο των συμπερασμάτων που εξήχθησαν από τον παραπάνω υπολογισμό και προτείνονται διορθωτικές ενέργειες για την μείωση των πιθανοτήτων όπου αυτό θεωρείται απαραίτητο.

Τέλος παραθέτετε η απαραίτητη βιβλιογραφία.

Ακολουθεί το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας όπου γίνεται μία εκτενή αναφορά στη υγιεινή και ασφάλεια της εργασίας.

Κεφάλαιο 1ο

Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας

1.1 Γενικά περί υγιεινής και ασφάλειας

Η υγιεινή και η ασφάλεια των εργαζομένων αποτελεί ένα σύγχρονο θέμα διοίκησης και ταυτόχρονα είναι και ένα επίκαιρο κοινωνικό θέμα. Οι εργαζόμενοι προσέρχονται σχεδόν σε καθημερινή βάση στον χώρο εργασίας τους και εκεί έρχονται σε επαφή με διάφορους κινδύνους και επισφαλείς καταστάσεις που ενέχουν το κίνδυνο του τραυματισμού.

Οι κανόνες Υγιεινής και Ασφάλειας αποτελούν πλέον απαραίτητη προϋπόθεση για την ορθή και απρόσκοπτη λειτουργία κάθε επιχείρησης. Η προστασία της ανθρώπινης ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος οριοθετούν εξ αρχής την λειτουργία και τον σχεδιασμό του εργασιακού χώρου σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθετικές διατάξεις κάθε χώρας, οι οποίες προσδιορίζονται από τις εκάστοτε συμβάσεις της Διεθνούς Οργάνωσης Εργασίας και τις Ευρωπαϊκές οδηγίες, ΕΛΙΝΥΑΕ (2008).

Η προστασία της ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων καθώς επίσης και η αδιάκοπη βελτίωση των παρουσών συνθηκών του περιβάλλοντος εργασίας αποτελούν βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη μίας υγιούς κοινωνίας. Αυτό επιτυγχάνεται με τα εξής:

- ▶ Α. Τον προσδιορισμό των κινδύνων (risk analysis or risk assessment) στον χώρο εργασίας ώστε να προασπιστεί η ασφάλεια και υγεία του προσωπικού καθώς επίσης και η όσο το δυνατόν έγκαιρη και βελτίωση της αποτελεσματικότητας των προληπτικών μέτρων που έχουν ήδη ληφθεί.
- ▶ Β. Λήψη αποφάσεων για όλο το εύρος των δραστηριοτήτων που μπορούν να επηρεάσουν την επαγγελματική ασφάλεια και υγεία.
- ▶ Γ. Συνεχής παρατήρηση των πιθανών κινδύνων, με βάση μια συστηματική συλλογή επιστημονικών απόψεων και πληροφοριών, Βλαστός (2012).

1.2 Τι είναι κίνδυνος

Ως κίνδυνος ορίζεται μία κατάσταση ή ένα γεγονός που μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό στο προσωπικό, ζημιές στον εξοπλισμό, απώλεια υλικού ή μείωση της ικανότητας τους συστήματος να εκτελέσει μία λειτουργία. Οι κίνδυνοι χωρίζονται σε τρία (3) κύρια είδη:

- Φυσικοί κίνδυνοι (δυσμενείς καιρικές συνθήκες)

- Τεχνικοί κίνδυνοι (δυσλειτουργία ενός μηχανήματος)
- Οικονομική κίνδυνοι (μείωση στα λειτουργικά κόστη λόγω οικονομικής ύφεσης)

Η διαχείριση των κινδύνων εξαρτάται από την ικανότητα της επιχείρησης να προσδιορίσει καταστάσεις που μπορεί να απελευθερώσουν τις καταστροφικές επιδράσεις των κινδύνων. Οι κίνδυνοι είναι δυνατόν να αναγνωριστούν με έγκυρη ενημέρωση και παροχή πληροφοριών, Αρβανιτογεώργος (2003).

Η πληροφόρηση αυτή μπορεί να προέλθει είτε από εσωτερική πληροφόρηση όπως: αναφορές συμβάντων, παράπονα εργαζομένων, εσωτερικές αξιολογήσεις, παρακολούθηση εργασιών κ.λπ. είτε από εξωτερικές πηγές πληροφόρησης όπως: εκθέσεις ατυχημάτων, εξωτερικές αξιολογήσεις, επιθεωρήσεις κ.λπ. Για την αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων είναι σημαντικό να εφαρμόζεται μία ολοκληρωμένη προσέγγιση η οποία να περιλαμβάνει την αναγνώριση κινδύνων, την εκτίμηση επικινδυνότητας και την ιεράρχηση των μέτρων βελτίωσης της ασφάλειας.

1.3 Τι είναι εργατικό ατύχημα

Εργατικό ατύχημα είναι εκείνο που συμβαίνει στον εργαζόμενο κατά τη διάρκεια της εργασίας ή με αφορμή την εργασία και το οποίο οφείλεται σε απότομο γεγονός, εφόσον αυτό προκαλεί στον εργαζόμενο ανικανότητα να εργαστεί, Βλαστός (2012). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με το εργατικό ατύχημα εξομοιώνεται και η επαγγελματική ασθένεια.

Επαγγελματική ασθένεια, νόσος ή πάθηση, ορίζεται ως εκείνη που προσβάλλει εργαζόμενους αποκλειστικά και μόνο λόγω του επαγγέλματός τους. Προκειμένου να χαρακτηριστεί μια ασθένεια επαγγελματική και οι παθόντες να τύχουν της νόμιμης και προβλεπόμενης προστασίας καθώς επίσης και να λάβουν την ανάλογη αποζημίωση, θα πρέπει να εξακριβωθεί η ιδιαίτερη και ειδική επίδραση του είδους της εργασίας επί της υγείας του εργαζομένου.

Αναλυτικότερα, για να θεωρηθεί ένα συμβάν εργατικό ατύχημα θα πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Το συμβάν να είναι βίαιο.
- Το συμβάν να έλαβε χώρα κατά την εκτέλεση της εργασίας ή λόγω αυτής (π.χ. μεταφορά εργαζομένων από και προς τον χώρο εργασίας).
- Το συμβάν- ατύχημα να έχει συνάφεια με την φύση της εργασίας.
- Η πρόκληση του βίαιου συμβάντος να μην οφείλεται σε πρόθεση του εργαζομένου.
- Το συμβάν να προκαλεί αδυναμία του εργαζομένου για εργασία πέραν των τριών (3) ημερών.

Σε περίπτωση εργατικού ατυχήματος ο εργοδότης έχει υποχρέωση να αναγγείλει το εργατικό ατύχημα στις αρμόδιες αρχές και συγκεκριμένα στην πλησιέστερη αστυνομική αρχή, στην αρμόδια επιθεώρηση εργασίας (εντός 48 ωρών) και στο ΙΚΑ (εντός 5 ημερών), ενώ ο εργαζόμενος δικαιούται ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, καθώς επίσης και αποζημίωση από τον εργοδότη για το ατύχημα, Κουκιάδης (2013).

Για την αποφυγή ενός ατυχήματος, κάθε σύστημα παραγωγής διαθέτει κάποια μέτρα ασφαλείας. Τα μέτρα ασφαλείας χωρίζονται σε τέσσερις (4) κύριες κατηγορίες:

- Πρόληψης για την αποφυγή επισφαλών γεγονότων(συντήρηση εξοπλισμού, εκπαίδευση για την αποφυγή λαθών κ.λπ.)
- Προστασίας- προφύλαξης από τους κινδύνους ώστε να μην προκληθεί κάποιο ατύχημα (συλλογή οποιαδήποτε διαρροής στο χώρο εργασίας)
- Περιορισμού των συνεπειών εάν γίνει κάποιο ατύχημα όπως ο αποκλεισμός μίας περιοχής όπου συγκρούστηκαν κάποια οχήματα ώστε να μην πέσουν και άλλα πάνω σε αυτά.
- Αποκατάστασης των ζημιών και των τραυματισμών (πχ παροχή πρώτων βοηθειών)

Οι τρεις πρώτες κατηγορίες αφορούν την αποφυγή και πρόληψη πριν εμφανιστεί κάποιο ατύχημα ενώ η τελευταία είναι αυτή που ακολουθεί αμέσως μετά το ατύχημα ώστε να διασφαλιστεί η κατάσταση και να μην γίνει ανεξέλεγκτη, Κοντογιάννης (2016).

1.4 Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας

Ένα σύστημα διαχείρισης ασφάλειας (ΣΔΑ) έχει στόχο τον εντοπισμό των καταστάσεων που εγκυμονούν κινδύνους και την ανάπτυξη μέτρων προστασίας και πρόληψης για την αποφυγή αυτών. Ορίζεται ως το σύστημα ασφαλείας το οποίο είναι μέρος του συστήματος διαχείρισης ενός οργανισμού που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και υλοποίηση της πολιτικής όσον αφορά διαχείριση επικινδυνότητας σε θέματα ασφαλείας, Κοντογιάννης (2016).

Το σύστημα διαχείρισης Ασφαλείας (Safety Management system) είναι ένα σύνολο από πολιτικές, πρακτικές, διαδικασίες, ρόλους και λειτουργίες που σχετίζονται με τις στρατηγικές για την ασφάλεια και τις απαραίτητες τεχνικές για την διαχείρισή της. Τέτοια στοιχεία είναι η επαγγελματική υγιεινή, ατομικά μέσα προστασίας, ενημέρωση εργαζομένων, περιβαλλοντικές συνθήκες εργασίας κλπ. Για να είναι ένα σύστημα διαχείρισης ασφάλειας λειτουργικό, πρακτικό οπότε και αποδεκτό πρέπει να επιτυγχάνει τα παρακάτω:

- Διαφύλαξη της ασφάλειας με προσδιορισμό όλων των κινδύνων.
- Παρακολούθηση επιδόσεων όλων των εργαζομένων, διοικητικών και εκτελεστικών
- Εξασφάλιση της ορθής εκτέλεσης των διορθωτικών μέτρων σε περίπτωση ατυχήματος
- Τέλος, την συνεχή προσαρμογή και βελτίωση του συστήματος αυτού.

Έτσι το ΣΔΑ υποστηρίζει έναν οργανισμό ώστε:

1. Να εντοπίζει και να διαχειρίζεται οποιοδήποτε απειλή για την ασφάλεια και υγιεινή του
2. Να θεσπίζει μέτρα προστασίας για τον οργανισμό για την αποφυγή κινδύνων
3. Να δημιουργούνται στόχοι ασφαλείας και να ορίζονται διαδικασίες για να ολοκληρώνονται με επιτυχία
4. Να σχεδιάζει διαδικασία παραγωγής και εργασίας που θα αυξάνουν την ανθρώπινη αξιοπιστία
5. Να προωθείται η εκπαίδευση και επανεκπαίδευση του προσωπικού για την βελτίωση της συνολικής ασφαλείας του
6. Να συμμορφώνεται με την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία
7. Να βελτιώνεται συνεχώς.

Τα ΣΔΑ έγιναν πολύ δημοφιλή και γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη κατά την δεκαετία του 90. Εκείνη την περίοδο, αναγνωρίστηκε το πόσο σημαντική είναι η προάσπιση της ασφάλειας σε έναν οργανισμό τόσο για το προσωπικό όσο και για τον οργανισμό αυτόν καθαυτό. Έτσι το 1991 η Βρετανική Επιθεώρηση Εργασίας εξέδωσε ένα πρότυπο πάνω στο οποίο στηρίχθηκαν πολύ οργανισμοί για θέσπιση κανόνων ασφαλείας και ΣΔΑ καθώς επίσης και για την έκδοση διάφορων οδηγιών δημιουργίας ΣΔΑ.

Στην Πολιτική Αεροπορία η οποία αποτελεί και το κύριο θέμα της παρούσας εργασίας το πλαίσιο για την υλοποίηση ενός ΣΔΑ το παρέχει ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) σύμφωνα με το έγγραφο DOC 9859/ AN474, το οποίο κυκλοφόρησε ως τρίτη έκδοση το 2013. Το συγκεκριμένο δοκίμιο ασφαλείας θέτει ως ελάχιστη απαίτηση για να θεωρηθεί ένα ΣΔΑ αποδεκτό τέσσερα στοιχεία:

1. Πολιτική ασφαλείας, η οποία αναφέρεται στην δέσμευση των διευθυντικών στελεχών για την συνεχή βελτίωση της ασφάλειας. Η δέσμευση αυτή καθορίζει τις μεθόδους, τις διαδικασίες και την οργανωτική δομή που απαιτείται για την επίτευξη των στόχων ασφαλείας.
2. Διαχείριση των κινδύνων ασφαλείας, η οποία καθορίζει την ανάγκη για νέα, αναθεωρημένα μέτρα για τον έλεγχο των κινδύνων με βάση αυτό που η επιχείρηση θεωρεί αποδεκτό επίπεδο επικινδυνότητας
3. Διασφάλιση της ασφάλειας, η οποία αναφέρεται στον τρόπο που η επιχείρηση αποδεικνύει ότι το υφιστάμενο ΣΔΑ αποδίδει ικανοποιητικά. Περιλαμβάνει την

- συστηματική και συνεχή παρακολούθηση και καταγραφή των επιδόσεων ασφαλείας, καθώς και την αξιολόγηση των διαδικασιών διαχείρισης ασφάλειας.
4. Προώθηση της ασφάλειας, η οποία συνίσταται στην εκπαίδευση, στην επικοινωνία, καθώς και σε όλες τις άλλες συναφείς πρωτοβουλίες που είναι αναγκαίες για την δημιουργία μίας θετικής κουλτούρας για την ασφάλεια την επιχείρηση.

Ένα αποτελεσματικό ΣΔΑ πέρα από την προστασία της υγείας του προσωπικού, της διασφάλισης της ορθής και απρόσκοπτης λειτουργίας του εξοπλισμού κ.λπ., παρέχει και ένα πολύ μεγάλο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των αντιπάλων στον ίδιο κλάδο παραγωγής προβάλλοντας την πολιτική ασφάλειας που έχει.

Πολλοί οργανισμοί προσπαθούν να ενσωματώσουν τους τέσσερις παραπάνω πυλώνες στα ΣΔΑ τους αλλά φαίνεται πως δεν κατανοούν την διασύνδεση που υπάρχει μεταξύ αυτών των τεσσάρων πυλώνων. Γενικότερα υπάρχουν δύο επίπεδα ελέγχου, ένα οργανωσιακό και ένα επιχειρησιακό σύμφωνα με τα οποία οι δραστηριότητες χωρίζονται σε τρία ιεραρχικά επίπεδα, Κοντογιάννης (2016).

Πρώτα είναι το οργανωτικό ή διοικητικό επίπεδο. Σε αυτό το επίπεδο τα ανώτερα κλιμάκια των εργαζομένων που βρίσκονται σε διευθυντικές θέσεις και θέσεις προϊσταμένου ιεραρχούν τους στόχους της επιχείρησης και προτείνουν τρόπους διευθέτησης των αντικρουόμενων στόχων. Τη βάση στήριξης του οργανωτικού ελέγχου αποτελεί το 'νοητικό μοντέλο' των στελεχών. Αυτό αντικατοπτρίζει το σύνολο των γνώσεων και την νοοτροπία που έχουν τα υψηλόβαθμα στελέχη για την λειτουργία της επιχείρησης, την γνώση των κινδύνων στις διαδικασίες παραγωγής και τις δυνατότητες επίλυσής προβλημάτων της επιχείρησης.

Δεύτερο είναι το εποπτικό επίπεδο, όπου οι στόχοι ασφαλείας που έχουν θεσπιστεί στο προηγούμενο επίπεδο μεταφράζονται σε οδηγίες οι οποίες με την σειρά τους μοιράζονται σε όλα τα μέλη των ομάδων εργασίας. Οι οδηγίες αυτές μπορεί να είναι είτε απaráβατες εντολές, είτε κατευθυντήριες γραμμές ανάλογα με τις καταστάσεις, την εμπειρία και τις γνώσεις του εκάστοτε εργαζομένου. Σε όλους τους οργανισμούς βέβαια υπάρχει και η ανατροφοδότηση όπου λαμβάνονται υπόψιν τα σχόλια και τα παράπονα όσον εφαρμόζουν τις οδηγίες αυτές και εφαρμόζονται διορθωτικές κινήσεις για την βελτίωση των οδηγιών αυτών καθημερινά ανάλογα με τις ανατροφοδοτημένες πληροφορίες.

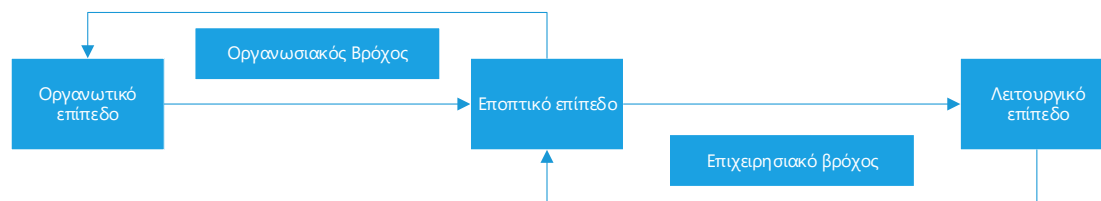
Τρίτο είναι το λειτουργικό επίπεδο. Σε αυτό το επίπεδο οι χειριστές ελέγχουν τις τεχνικές διαδικασίες σύμφωνα με τα σχέδια και τις οδηγίες που έλαβαν. Πολλές φορές οι χειριστές είναι αναγκασμένοι να προσαρμόσουν τα σχέδια παραγωγής ανάλογα με τις απαιτήσεις παραγωγής. Κατά κανόνα το πιο συχνό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται είναι η αδυναμία πιστής εφαρμογής των κανόνων και των οδηγιών όταν η απαίτηση για παραγωγή είναι πάρα πολύ μεγάλη. Είθισται σε αυτές τις περιπτώσεις οι χειριστές να παρακάμπτουν κάποια οδηγία που δεν θεωρούν απαραίτητη. Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνουν το κίνδυνο ώστε να εμπλακούν σε

κάποιο ατύχημα. Επομένως, οι αλλαγές στις απαιτήσεις της παραγωγής πρέπει να συνοδεύονται με αλλαγές των γραπτών οδηγιών από τα ανώτερα κλιμάκια.

Η διοίκηση είναι αρμόδια για την πολιτική ασφαλείας που διέπει μία επιχείρηση. Είναι αυτή που εάν τα αποτελέσματα του ΣΔΑ δεν είναι τα επιθυμητά, θα ζητήσει μία επανεξέταση και αναπροσαρμογή των οδηγιών, των σχεδίων δράσης και κανονισμών καθώς κύριος ρόλος των παραπάνω αποτελεί και η εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας του ΣΔΑ.

Στο λειτουργικό επίπεδο οι χειριστές καθοδηγούνται από οδηγίες και κανονισμούς ώστε να διαχειριστούν τις διαδικασίες αποτελεσματικά και κυριότερα ασφαλή. Σε αυτό το επίπεδο εκτελείται η διαχείριση της επικινδυνότητας σε καθημερινή βάση. Οι χειριστές αλληλοεπιδρούν με το τεχνικό σύστημα της εταιρίας και ελέγχουν τους κινδύνους ανάλογα με τους κανονισμούς και τις δικές τους εμπειρίες. Πάρα πολύ σημαντικό κομμάτι στην διασφάλιση της ασφάλειας είναι και η διακίνηση των πληροφοριών. Σύμφωνα με αυτές τις πληροφορίες διαμορφώνονται οι οδηγίες και οι κανονισμοί, η εκπαίδευση των εργαζόμενων και η προώθηση μίας κουλτούρας ασφαλείας.

Τα τρία ιεραρχικά επίπεδα που περιεγράφηκαν παραπάνω συνδέονται με τους δύο βρόχους σύμφωνα με το σχήμα 1:



Σχήμα 1 Διαγραμματική αναπαράσταση σύνδεσης ιεραρχικών επιπέδων ΣΔΑ

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, η διαχείριση της ασφάλειας αποτελεί ένα πολύ σύνθετο κομμάτι της επιχείρησης και εμπεριέχει γραπτούς κανόνες, προγράμματα και τακτικές παραγωγής, οδηγίες και κατευθυντήριες γραμμές, μεθόδους εκτίμησης επικινδυνότητας, εκπαίδευση προσωπικού κ.α. Η λειτουργία του ΣΔΑ αναπαρίσταται στο παραπάνω σχήμα όπου δύο βρόγχοι, ο οργανωσιακός και ο επιχειρησιακός ελέγχουν και συντονίζουν τις δραστηριότητες στα τρία λειτουργικά επίπεδα.

1.5 Υποχρέωση πρόνοιας

Δεδομένου ότι η εργασιακή σχέση δεν έχει μόνο οικονομικό αλλά και προσωπικό χαρακτήρα, συνάγεται η γενικότερη υποχρέωση του εργοδότη για την προστασία του εργαζομένου. Η υποχρέωση αυτή αναφέρεται ως υποχρέωση πρόνοιας του εργοδότη. Θα μπορούσαμε να ορίσουμε την υποχρέωση για πρόνοια ως την υποχρέωση του εργοδότη να λαμβάνει τα αναγκαία μέτρα για τη διαφύλαξη των

εργασιακών συμφερόντων και της προσωπικότητας των εργαζομένων. Η γενικότερη αυτή υποχρέωση πρόνοιας εκφράζεται κυρίως με τις ειδικότερες εργοδοτικές υποχρεώσεις για σεβασμό κάθε στοιχείου της προσωπικότητας του εργαζομένου και λήψη των κατάλληλων μέτρων προς αποφυγή εργατικού ατυχήματος που θα επιφέρει τη βλάβη στη ζωή και την υγεία των εργαζομένων. Κύρια έκφανση της υποχρέωσης πρόνοιας του εργοδότη αποτελεί η εξασφάλιση κατάλληλων συνθηκών εργασίας (υποχρέωση για υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων). Σύμφωνα με τη νομοθεσία (662ΑΚ), ο εργοδότης οφείλει να προσδιορίσει όλες τις παραμέτρους που αφορούν την εργασία και το χώρο στον οποίο εκτελείται αυτή καθώς και τον χωροταξικό προσδιορισμό των εγκαταστάσεων, μηχανημάτων και εργαλείων, ώστε να προστατεύεται η ζωή και η υγεία του εργαζομένου.

Τα θέματα υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων στις επιχειρήσεις ρυθμίζονται αναλυτικότερα από το Νόμο 1568/1985, όπως τροποποιήθηκε με τους Νόμους 1767/1988, 2084/1992, 2224/1994 και 3144/2003, Κουκιάδης (2013).

Συγκεκριμένα, προβλέπονται τα εξής:

- Οι εργαζόμενοι σε επιχειρήσεις που απασχολούν πάνω από 50 άτομα (150 σύμφωνα με μεταβατική διάταξη) έχουν δικαίωμα να συνιστούν Επιτροπές Υγιεινής και Ασφάλειας, αποτελούμενες από εκλεγμένους αντιπροσώπους στην επιχείρηση. Εάν στην επιχείρηση υφίσταται συμβούλιο εργαζομένων, τα μέλη της επιτροπής ορίζονται από το συμβούλιο.
- Σε επιχειρήσεις που απασχολούν από 20 έως 50 άτομα ορίζεται εκλεγμένος αντιπρόσωπος των εργαζομένων για την υγιεινή και ασφάλεια της εργασίας στην επιχείρηση.
- Σε επιχειρήσεις που απασχολούν κατά ετήσιο μέσο όρο πάνω από 50 εργαζομένους, ο εργοδότης έχει υποχρέωση να χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες τεχνικού ασφαλείας και ιατρού εργασίας.

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι, σε περίπτωση παράβασης των διατάξεων για υγιεινή και ασφάλεια στην επιχείρηση, προβλέπονται διοικητικές και ποινικές κυρώσεις για τους εργοδότες.

1.6 Πρόληψη εργατικών ατυχημάτων

Για να επιτευχθεί η πρόληψη των εργατικών ατυχημάτων πρέπει αρχικά το εργασιακό περιβάλλον να είναι οργανωμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται τα εργατικά ατυχήματα. Στις σύγχρονες επιχειρήσεις υπάρχει συμμόρφωση και εφαρμογή της νομοθεσίας οπότε και ακολουθείται μία τυποποίηση στην οργάνωση του χώρου εργασίας. Πιο συγκεκριμένα:

- τα κτίρια είναι ασφαλή (δάπεδα, τοίχοι, οροφές και σκάλες σε καλή κατάσταση, κατάλληλος φωτισμός κ.λπ.)
- Ο εξοπλισμός είναι ασφαλής για χρήση (εργαλεία, συσκευές και μηχανήματα κατάλληλα για την εργασία και σε καλή κατάσταση κ.λπ.)
- Υποχρεωτικά χρησιμοποιούνται μέσα προστασίας (προφυλακτήρες και γειώσεις για τα μηχανήματα, ατομικά προστατευτικά μέσα για τους εργαζομένους κ.λπ.)
- τάξη και καθαριότητα (διάδρομοι κυκλοφορίας, καλό στοίβαγμα υλικών, καθαριότητα κ.λπ.)
- υγιεινή ατμόσφαιρα (εξάλειψη κινδύνων από καπνούς, σκόνες, τοξικά αέρια κ.λπ.).

Η πρόληψη των εργατικών ατυχημάτων απαιτεί πειθαρχία των εργαζομένων στους χώρους εργασίας. Όλοι οφείλουν να υπακούν στις οδηγίες που δίνουν οι υπεύθυνοι είτε αυτές είναι γραπτές, είτε προφορικές. Στις οδηγίες αυτές ανήκουν και οι κανόνες ασφαλείας. Οι εργαζόμενοι βρίσκονται πάντα στην πρώτη γραμμή παραγωγής. Έτσι είναι αυτοί που κυρίως βάζονται από τα εργατικά ατυχήματα και έχουν την υποχρέωση και το δικαίωμα να γνωρίζουν τους κινδύνους του επαγγέλματος τους, να τηρούν και να εφαρμόζουν τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας.

Οι κανόνες ασφαλείας έχουν σκοπό την πρόληψη ώστε να μειωθεί οποιαδήποτε πιθανότητα να εμφανιστεί ένα εργατικό ατύχημα. Όλοι οι εργαζόμενοι έχουν υποχρέωση να τηρούν τους κανόνες ασφαλείας.

1.7 Επαγγελματικός κίνδυνος

Η επικινδυνότητα που έχει μία θέση εργασίας ή ένα σύστημα είναι η εκτίμηση της συχνότητας εκδήλωσης δυσμενών συμβάντων καθώς επίσης και η εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων αυτού. Η γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου είναι υποχρεωτική για τους εργοδότες σύμφωνα με τον νόμο 3850/2010 και σκοπό έχει:

- να εντοπισθούν οι πηγές των επαγγελματικών κινδύνων
- να διαπιστωθεί με ποια μέτρα ασφαλείας και σε πιο βαθμό μπορούν να εξαιρεθούν οι πιθανοί κίνδυνοι
- να καταγραφούν τα μέτρα ασφαλείας τα οποία εφαρμόζονται και να προταθούν νέα συμπληρωματικά μέτρα για τον έλεγχο κινδύνων.

Η μελέτη επαγγελματικού κινδύνου αποτελεί ένα αποτέλεσμα συνεχούς πληροφόρησης, καταγραφής και μελέτης των συνθηκών εργασίας όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία και τον προσδιορισμό των βλαπτικών ως προς την υγεία των εργαζομένων παραγόντων του. Η εκτίμηση αυτή δεν αποτελεί από μόνη της ένα ΣΔΑ, αλλά ένα σημαντικό δομικό στοιχείο του.

Προκειμένου να αναγνωριστούν οι κίνδυνοι, ο εκτιμητής προχωρά σε συνεντεύξεις με τους επικεφαλής των τμημάτων παραγωγής και με τους εργαζόμενους στο εκάστοτε τμήμα. Αυτοί είναι οι άμεσα εμπλεκόμενοι στην παραγωγική διαδικασία οπότε αναμένεται να έχουν και μία πολύ εμπειριστατωμένη γνώση για τον χώρο εργασίας, τον μηχανολογικό εξοπλισμό κλπ.

Κάθε πηγή κινδύνου μπορεί να προκαλέσει μία επισφαλή κατάσταση η οποία μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο τους εργαζόμενους, το φυσικό περιβάλλον ή τον εξοπλισμό της εταιρείας. Για να προληφθεί αυτή η κατάσταση λαμβάνονται διάφορα μέτρα πρόληψης ώστε να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η πιθανότητα εμφάνισης ενός ατυχήματος καθώς και μέτρα προστασίας ώστε σε περίπτωση ενός ατυχήματος να μετριαστούν οι επιπτώσεις αυτού.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι είναι αδύνατο να εξαλειφθούν πλήρως όλοι οι κίνδυνοι στους εργασιακούς χώρους. Υπάρχουν διάφοροι αστάθμητοι παράγοντες οι των οποίων οι επιρροή δεν μπορεί να εκμηδενιστεί όπως οι καιρικές συνθήκες. Αυτό που έχει σημασία είναι αφού ληφθούν τα μέτρα ασφαλείας η ‘παραμένουσα επικινδυνότητα’ να βρίσκεται σε αρκετά χαμηλό επίπεδο ώστε να είναι ανεκτή. Συνήθως εφαρμόζεται μία σχέση κόστους- επιπέδου επικινδυνότητας που καθορίζεται από την αρχή «τόσο μικρότερη επικινδυνότητα όσο είναι πρακτικά εφικτό» γνωστό ως ALARP (As Low As Reasonably Practicable), HHRM (2018).

1.8 Ανθρώπινος παράγοντας

Ανθρώπινοι παράγοντες (HUMAN FACTORS), Dimitriu και Boscoianu (2015), είναι η επιστήμη εκείνη με την οποία επιδιώκουμε τη βελτιστοποίηση της διασύνδεσης του ανθρώπου και της μηχανής που αυτός χρησιμοποιεί, το έργο που το σύνολο άνθρωπος-μηχανή εκτελεί και το φυσικό και εργασιακό περιβάλλον μέσα στο οποίο το σύνολο αυτό λειτουργεί. Αποτελεί ένα παράγοντα ο οποίος παίζει σημαντικό ρόλο σε κάθε ατύχημα είτε είναι αυτός που αποτρέπει ένα ατύχημα είτε είναι αυτός που οδηγεί σε αυτό.

Η ανάλυση ενός ατυχήματος αποτελεί ένα πολύπλοκο έργο καθώς αρχικά πρέπει να εξεταστεί η αξιοπιστία των πληροφοριών που παραχωρήθηκαν καθώς και να αξιολογηθούν όλοι οι παράγοντες που οδήγησαν στην πρόκλησή του είτε άμεσα είτε έμμεσα. Σε αυτήν την ανάλυση συνήθως δίδεται μεγαλύτερη προσοχή σε λάθη που μπορούν να παρατηρηθούν εύκολα όπως είναι ένας λάθος χειρισμός παρά σε παράγοντες τεχνικής φύσης (πχ σχεδιασμός της παραγωγής) ή σε παράγοντες οργανωτικής φύσης (πχ ελλιπής εκπαίδευση). Αυτό συμβαίνει διότι οι τελευταίοι απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις και παρατεταμένη προσοχή για την αποκάλυψή τους.

Το ζήτημα της ανθρώπινης αξιοπιστίας είναι πάρα πολύ σημαντικό για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων παραγωγής. Επικρατεί όμως η άποψη μεταξύ

διοικητικών στελεχών ότι τα ανθρώπινα λάθη είναι απρόβλεπτα οπότε και έχει παραμεληθεί η συστηματική τους μελέτη από τις βιομηχανίες. Έχει αποδειχθεί ότι τα ανθρώπινα λάθη συμβαίνουν μόνο όταν οι εργαζόμενοι βρίσκονται σε ένα περιβάλλον παραγωγής με αυξημένο φόρτο εργασίας ή σε ένα περιβάλλον όπου δυσχεραίνεται η επικοινωνία. Τα ανθρώπινα λάθη αποτελούν συνήθως μία δικαιολογία για την αποποίηση των ευθυνών της διοίκησης. Γενικότερα δεν έχει εφαρμοστεί μία κουλτούρα στις επιχειρήσεις που να έχει σκοπό την αύξηση της ανθρώπινης αξιοπιστίας πράγμα που θα οδηγούσε έμμεσα σε επίτευξη των βασικών στόχων της επιχείρησης, αύξηση ποσότητας και ποιότητας παραγωγής οπότε και σε αύξηση των κερδών της.

1.9 Ενεργές ή λανθάνουσες αστοχίες

Τα ανθρώπινα λάθη ή αστοχίες είναι αυτά που κυρίως οδηγούν σε ένα ατύχημα. Το σύστημα της διοίκησης μπορεί να εφαρμόζει ακατάλληλες πολιτικές ασφαλείας ή τα κατώτερα στελέχη μπορεί να μην εφαρμόζουν ένα πολύ καλό σύστημα ασφάλειας όπως έχει σχεδιαστεί με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε επισφαλή καταστάσεις. Οι αστοχίες αυτές σύμφωνα με τον James Reason (1997), ανάλογα με το σε ποιο επίπεδο ιεραρχίας συμβαίνουν χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις ενεργές και τις λανθάνουσες αστοχίες.

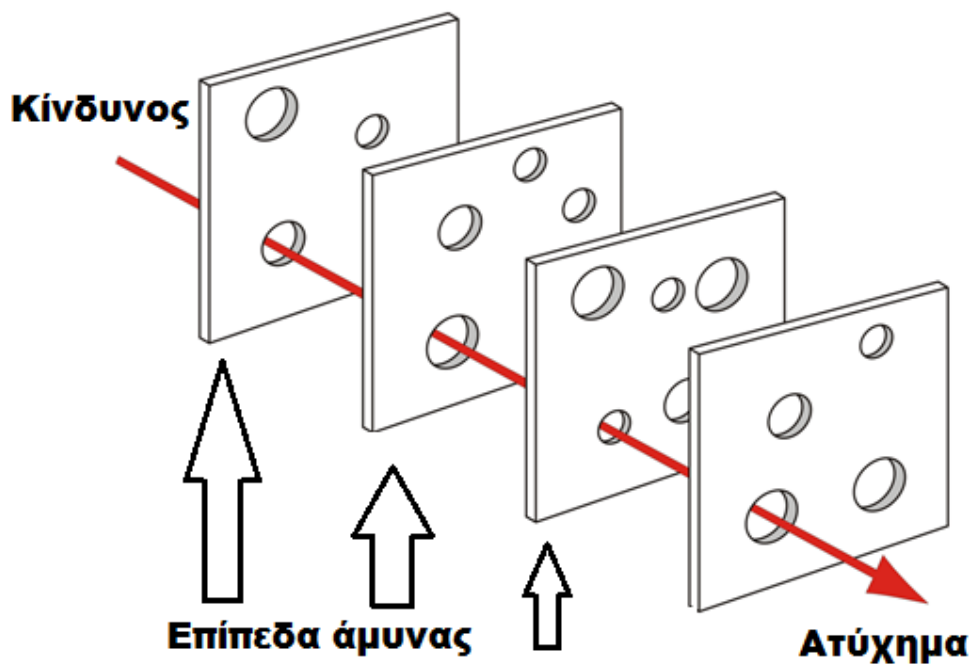
- Ενεργές αστοχίες είναι τα λάθη που έχουν άμεσο αντίκτυπο στο σύστημα εργασίας. Συνήθως γίνονται από εργάτες που βρίσκονται στην γραμμή παραγωγής και συμβαίνουν όταν παρακάμπτονται δικλείδες ασφαλείας ή εφαρμόζονται παρακαμπτήριες ώστε να επιταχυνθεί η παραγωγή.
- Λανθάνουσες αστοχίες οι οποίες αναφέρονται σε αποφάσεις της διοίκησης των οποίων οι συνέπειες μπορεί να υπάρχουν στο σύστημα παραγωγής για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι αστοχίες αυτές είτε βοηθούν την εκδήλωση ενεργών αστοχιών με την δημιουργία επισφαλών συνθηκών, είτε καθιστούν ανενεργές κάποιες ασφαλιστικές δικλείδες. Αναφέρονται σε λανθασμένη σχεδίαση του τεχνικού συστήματος και σε ανεπαρκής διοικητικές διαδικασίες.

Τα ατυχήματα σε επιχειρήσεις όπου εφαρμόζονται ανεπτυγμένα ΣΔΑ δεν δημιουργούνται από μεμονωμένα φαινόμενα, αλλά συμβαίνουν λόγω της συνδυασμένης επίδρασης πολλών παραγόντων ο καθένας εκ των οποίων δεν είναι ικανός για να οδηγήσει στο ατύχημα, αλλά αναγκαίος ώστε σε συνδυασμό με κάποιους άλλους να επιφέρει το ατύχημα.

1.10 Θεωρία Συστημικών άμυνων ή φραγμών

Σύμφωνα με την θεωρία συστημικών άμυνων κάθε οργανωσιακό επίπεδο αποτελεί ένα επίπεδο άμυνας το οποίο θα διατηρήσει την ορθή λειτουργία των μηχανών παραγωγής σε περίπτωση που το προηγούμενο αποτύχει. Για παράδειγμα εάν αυξηθεί η θερμοκρασία σε μία μηχανή παραγωγής αλλά ο εργοδηγός δεν το καταλάβει, θα ηχήσει ένας συναγερμός ο οποίος θα αφυπνίσει τον χειριστή ώστε να προχωρήσει σε διορθωτικές ενέργειες. Εάν δεν συμβεί ούτε αυτό τότε η μηχανή θα σβήσει από μόνη της ώστε να μην προκληθεί βλάβη στον εξοπλισμό. Παρατηρείται λοιπόν ότι είναι αρκετά δύσκολο να δημιουργηθεί ένα ατύχημα και πρέπει να συνδυαστούν πολλοί παράγοντες ώστε να δημιουργηθεί ένα ατύχημα.

Σε αυτήν την θεωρία στηρίζεται και το μοντέλο του «Ελβετικού τυριού», εικόνα 1, το οποίο επίσης αναπτύχθηκε από τον James Reason το 1997. Σε ιδανικές συνθήκες παραγωγής, οι άμυνες είναι συμπαγής και δεν επιτρέπουν να διαπεράσουν το σύστημα οι κίνδυνοι και να προκληθεί ένα ατύχημα. Στην πραγματικότητα όμως, κάθε άμυνα έχει και τις αδυναμίες της όπως φαίνεται και στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1 Αναπαράσταση μοντέλου 'Ελβετικού τυριού'

Για να προκληθεί ένα ατύχημα πρέπει να εμφανιστεί ένα κενό σε όλα τα επίπεδα άμυνας ώστε ο κίνδυνος να οδηγήσει σε ατύχημα. Αυτό είναι πάρα πολύ δύσκολο να συμβεί καθώς η φύση κάθε επιπέδου άμυνας είναι δυναμική και συνεχώς προσαρμόζεται στα καθημερινά δεδομένα.

Είναι φανερό ότι τα ατυχήματα δεν συμβαίνουν τυχαία, αλλά προκύπτουν όταν ένας λάθος χειρισμός αποτελέσει τον συνδετικό κρίκο σε μία σειρά επισφαλών

παραγόντων στην παραγωγική διαδικασία. Η ύπαρξη αυτών των παραγόντων δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα συμβεί ένα ατύχημα, αλλά μειώνουν την αντίσταση του αμυντικού μηχανισμού σε κάποιον κίνδυνο. Είθισται αυτές οι αδυναμίες του συστήματος να αποκαλύπτονται εγκαίρως οπότε και να αντιμετωπίζονται κατάλληλα. Σε μερικές ελάχιστες περιπτώσεις όμως η αδυναμία του συστήματος αποκαλύπτεται με την εμφάνιση ενός ατυχήματος.

Στο επόμενο κεφάλαιο καταγράφονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία του χώρου εξυπηρέτησης αεροσκαφών.

Κεφάλαιο 2ο

Ο χώρος εξυπηρέτησης των αεροσκαφών

2.1 Γενικά

Ο χώρος εξυπηρέτησης αεροσκαφών ή apron/ ramp είναι ένας καθορισμένος χώρος σε κάθε αεροδρόμιο όπου ένα αεροσκάφος οδηγείται για την φόρτωση και εκφόρτωση επιβατών ή φορτίου, πλήρωση καυσίμου, στάθμευση ή συντήρηση. Ο χώρος αυτός περιλαμβάνει:

- Θέσης στάθμευσης αεροσκαφών: που σκοπό έχουν να σταθμεύσει το αεροσκάφος ώστε να επιβιβαστούν ή αποβιβαστούν οι επιβάτες καθώς επίσης και να φορτωθεί ή εκφορτωθεί κάποιο φορτίο
- Χώρο εξυπηρέτησης του αεροσκάφους: όπου μπορεί να είναι ο ίδιος ή κάποιος γειτονικός χώρος από τον χώρο στάθμευσης. Χρησιμοποιείται μόνο από το εκπαιδευμένο προσωπικό με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού ώστε να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες του αεροσκάφους και να τοποθετηθεί κατάλληλα όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός ώστε να διευκολυνθεί η φορτοεκφόρτωση του αεροσκάφους.
- Γραμμές κίνησης αεροσκαφών: είναι οι γραμμές τις οποίες ακολουθεί το αεροσκάφος κατά την κίνησή του από και προς τον χώρο στάθμευσης. CAAN (2011).

Υπάρχουν διάφοροι κανονισμοί που διέπουν την χρήση και την κίνηση σε αυτούς τους χώρους και καθορίζουν πολύ αυστηρά τα παραπάνω. Χαρακτηριστικό της αυστηρότητας αυτής είναι ότι καθορίζεται μέχρι και το φως που πρέπει να έχουν τα οχήματα που κινούνται σε αυτούς τους χώρους. Ο χώρος εξυπηρέτησης συνήθως δεν είναι προσβάσιμος για το ευρύ κοινό και απαιτείται ειδική άδεια για να κινηθεί κάποιος σε αυτό. Σύμφωνα με τον ICAO όλα τα οχήματα, αεροσκάφη και άνθρωποι που κινούνται σε αυτόν τον χώρο χαρακτηρίζονται με τον ευρύ όρο ‘κίνηση του χώρου εξυπηρέτησης’. Οι εργασίες που εκτελούνται στον χώρο αυτό συντονίζονται είτε από την αεροπορική εταιρία είτε από κάποιο τρίτο εργολάβο που ειδικεύεται στις παραπάνω εργασίες.

Η Αμερικάνικη πολεμική αεροπορία καθώς επίσης και η ελληνική αναφέρονται στον χώρο εξυπηρέτησης των αεροσκαφών ως ‘Γραμμή πτήσεων’.

Ο χώρος εξυπηρέτησης των αεροσκαφών λειτουργεί υπό την ευθύνη τόσο του αεροδρομίου όσο και των αεροπορικών εταιριών. Αυτοί είναι υπεύθυνοι για την διασφάλιση της ασφάλειας και της ορθής εκτέλεσης όλων των εργασιών. Το αεροδρόμιο είναι αυτό που θεσπίζει και αναπτύσσει τους κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται σε αυτό τον χώρο σύμφωνα με τον ICAO.

Είναι υποχρεωτικό, να εκπαιδεύεται όλο το προσωπικό που εργάζεται σε αυτόν τον χώρο εργασίας καθώς επίσης και να παρακολουθεί κάποιες επανεκπαιδεύσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα ανάλογα με το πόστο στο οποίο εργάζεται. Πάραυτα, η παρουσία μεγάλου αριθμού ατόμων που χρησιμοποιεί διαφορετικό εξοπλισμό σε έναν σχετικά μικρό χώρο και συνήθως υπό μεγάλη πίεση χρόνου, δημιουργεί ένα επισφαλές περιβάλλον όπου τραυματισμοί ή θάνατοι καθώς επίσης και ζημίες σε εξοπλισμό και αεροσκάφη μπορούν να προκύψουν.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον για τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να εκτελούνται ενέργειες στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών έχοντας ως γνώμονα την βελτίωση της ασφάλειας στον χώρο αυτό. Βέβαια το ενδιαφέρον δεν ήταν πάντα τόσο υψηλό. Συγκεκριμένα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και σύμφωνα με στοιχεία που προέρχονται από τον Εθνικό Οργανισμό διασφάλισης Μεταφορών (NTSB) από το 1983 έως το 2004 είχαν καταγραφεί μόνο 80 ατυχήματα που έλαβαν χώρα στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών (Lu). Εξ αυτών, το 43% αφορούσε σύγκρουση μεταξύ αεροσκαφών και οχημάτων εδάφους, 34% από τα ατυχήματα οφειλόταν σε κάποια κινητή επιφάνεια του αεροσκάφους όπως μία προπέλα και τέλος 11% προερχόταν από εκτόξευση λόγω ριπής ανέμου από κινητήρα jet ή λόγω φωτιάς σε αυτόν. Τα κόστη σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω περιπτώσεις ήταν πάρα πολύ μεγάλα. Βέβαια το ακριβές κόστος δεν μπορεί να υπολογιστεί καθώς δεν είναι σε θέση η ίδια η εταιρία να υπολογίσει το κόστος από μία καθυστέρηση λόγω ενός ατυχήματος, το κόστος λόγω ακύρωσης μίας πτήσης, τις οικονομικές επιπτώσεις λόγω δυσφήμισης της εταιρείας κλπ.

2.2 Ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης

Στους παρακάτω πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται στοιχεία ατυχημάτων για το έτος 2007 από την ACI (Airports Council International), μία διεθνής μη κερδοσκοπική οργάνωση που έχει ως σκοπό την βελτίωση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας σε ένα υπεύθυνο περιβάλλον αερομεταφορών παγκοσμίως, EASA (2015). Τα στοιχεία αυτά αφορούν 158 αεροδρόμια με συνολική κίνηση 12,360,425 αεροσκαφών.

Πίνακας 1 Αριθμός ατυχημάτων και ποσοστά αυτών για 158 αεροδρόμια το έτος 2007

Ατυχήματα που αφορούσαν	Σύνολο	Σύνολο %	αναλογία
αεροσκάφη	966	31,92	0,078
εξοπλισμό	2,060	68,08	0,167
Σύνολο	3026	100	0,245
Ατυχήματα που εμπλέκουν αεροσκάφη και προξένησαν ζημιά σε			
Σε σταθμευμένο αεροσκάφος από εξοπλισμό	725	75,05	0,059
Σε κινούμενο αεροσκάφος	241	24,95	0,019
Σύνολο	966	100	0,078
Ατυχήματα που εμπλέκουν εξοπλισμό και ιδιοκτησία			
Από ριπή κινητήρα jet	27	1,31	0,002
Από εξοπλισμό σε εξοπλισμό	1393	67,62	0,113
Από εξοπλισμό σε ιδιοκτησία	640	31,07	0,0520
σύνολο	2060	100	0,167
Τραυματισμοί			
Θάνατοι	1	0,21	0,000
Σοβαροί τραυματισμοί	60	12,86	0,005
Μικροτραυματισμοί	412	87,10	0,033
Σύνολο	473	100	0,038

Πίνακας 2 Αιτίες ατυχημάτων που έλαβαν χώρα σε 158 αεροδρόμια το έτος 2007

Αιτίες για ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης	Σύνολο	Σύνολο %
A. Ζημιές σε στάσιμο αεροσκάφος από εξοπλισμό του χώρου εξυπηρέτησης		
Από εξοπλισμό μεταφοράς επιβατών	188	
Από εξοπλισμό φόρτωσης αεροσκάφους	294	
Από εξοπλισμό εξυπηρέτησης αεροσκάφους	136	
Άλλο εξοπλισμό	107	
Σύνολο A	725	23,96
B. Ζημιές σε άλλο κινούμενο αεροσκάφος από:		
Τροχοδρόμηση άλλου αεροσκάφους	6	
Ριπή από κινητήρα jet άλλου αεροσκάφους	7	
Λάθος: του υπόλογου του αεροσκάφους, του follow me ή του αυτόματου συστήματος κατεύθυνσης αεροσκαφών στο έδαφος	2	
Κίνηση αεροσκαφών από Τρίτη δύναμη	46	
Σταθερά εμπόδια	10	
Σταθμευμένο εξοπλισμό του χώρου εξυπηρέτησης	21	
Από αγνώστου ταυτότητας αντικείμενο (FOD)	77	
Άλλα	72	
Σύνολο B	241	7,96
Γ. Ζημιά από ριπή κινητήρα σε ιδιοκτησία ή εξοπλισμό		
Σύνολο Γ	27	0,89
Δ. Ζημιά από εξοπλισμό σε εξοπλισμό		
Σύνολο Δ	1393	46,03
Ε. Ζημιά από εξοπλισμό σε ιδιοκτησία		
Σύνολο E	640	21,15
ΣΤ. Τραυματισμοί σε προσωπικό ή επιβάτες		
Τραυματισμοί σε προσωπικό (1 θάνατος, 35 σοβαροί τραυματισμοί, 215 μικροτραυματισμοί)	251	
Τραυματισμοί σε επιβάτες (0 θάνατος, 25 σοβαροί τραυματισμοί, 197 μικροτραυματισμοί)	222	
Σύνολο ΣΤ	473	

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η πιθανότητα να γίνει κάποιο ατύχημα είναι χαμηλή, αλλά σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή. Τα τελευταία χρόνια ενώ ο αριθμός των πτήσεων αυξάνεται εκθετικά, ο αριθμός των ατυχημάτων παραμένει σταθερός. Έτσι τα νούμερα αυτά συμπίπτουν με αυτά που ισχύουν και για το έτος 2017. Κάθε αεροπορική εταιρεία έχει ως σκοπό το κέρδος. Τα κόστη από ατυχήματα τέτοιου τύπου είναι πάρα πολύ υψηλά.

2.3 Κόστη στον χώρο εξυπηρέτησης

Το 2004 σύμφωνα με τον FSF(Flight safety foundation), το συνολικό κόστος παγκοσμίως ανήλθε στα 5 δις δολάρια χωρίς να υπολογίζεται το κόστος που προέρχεται από την περίθαλψη και τις αποζημιώσεις τραυματισμού προσωπικού και επιβατών, Vandel(2004). Συμπεριλαμβάνοντας και αυτό το κόστος, το συνολικό ετήσιο κόστος ανήλθε σχεδόν στα 10 δισεκατομμύρια δολάρια. Σύμφωνα με την έρευνα για τα ατυχήματα που εκπόνησαν οι Dr Earl Weener και ο επικεφαλής του προγράμματος GAP (ground accident prevention) Bob Vandel, για λογαριασμό της IATA ένα ατύχημα στο χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών το οποίο φέρει ως επίπτωση την ζημιά σε αεροσκάφος, παρουσιάζεται μία (1) φορά κάθε χίλιες (1000) πτήσεις ενώ ένα ατύχημα στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών που εμπεριέχει τον τραυματισμό κάποιο ανθρώπου είναι μία (1) κάθε εκατό (100) πτήσεις το οποίο αυξάνει κατακόρυφα τα έμμεσα κόστη για την εταιρεία.

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση δεδομένων της IATA για το έτος 2014 τα ατυχήματα παραμένουν πάρα πολλά, GASS(2014). Ενώ ο αριθμός των ατυχημάτων με αεροσκάφη έχει μειωθεί και παραμένει σταθερά χαμηλός τα τελευταία χρόνια, τα ατυχήματα στο έδαφος και συγκεκριμένα στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών αυξάνονται συνεχώς. Πιο αναλυτικά δημιουργούνται περίπου 27000 ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης παγκοσμίως κάθε χρόνο, στα οποία τραυματίζονται 243.000 άνθρωποι. Αυτό ισούται με 800 ατυχήματα την ημέρα, ένα ατύχημα και 9 τραυματισμοί για κάθε 1000 αναχωρήσεις αεροσκαφών.

Αρχικά, οποιοσδήποτε θα περίμενε τα ατυχήματα αυτά να είναι μοιρασμένα ισόποσα σε αναχωρήσεις και αφίξεις. Ωστόσο, σύμφωνα με την μελέτη του ASRS (Aviation Safety Reporting System) οι αναφορές που αφορούν ζημιά σε εξοπλισμό και τραυματισμούς σε προσωπικό κατά την διάρκεια των εργασιών εξυπηρέτησης, κατά το 58% των ατυχημάτων το αεροσκάφος κατέφθανε στον χώρο εξυπηρέτησης, στο 35% των περιπτώσεων, το αεροσκάφος αποχωρούσε από τον συγκεκριμένο χώρο και 7% αφορά άλλες διαδικασίες ποικίλες εργασίες όπως η αλλαγή πύλης για το αεροσκάφος, διακοπή ρεύματος κλπ. Η διαφοροποίηση των διαδικασιών ή η έλλειψη αυτών κατά την άφιξη και αναχώρηση ευθύνονται για αυτήν την απόκλιση. GASS (2014)

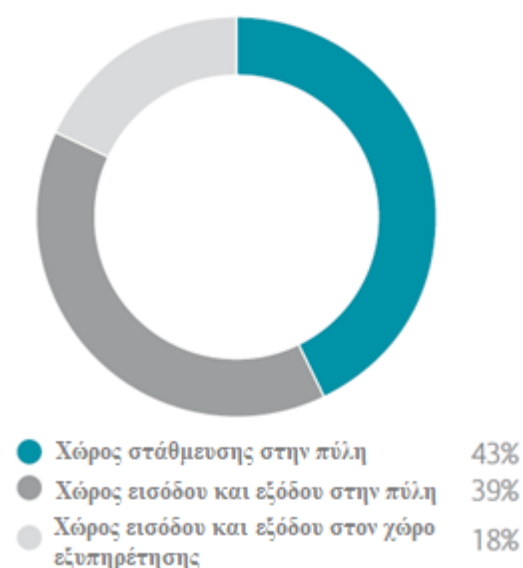
Κατά την άφιξη, οι διαδικασίες που ακολουθούνται στον χώρο εξυπηρέτησης μπορεί να μην είναι αυστηρά καθορισμένες. Το προσωπικό αέρος συνήθως δεν βρίσκεται πλέον σε επικοινωνία με τον πύργο ελέγχου ή με την εταιρεία που είναι υπεύθυνη για τις διαδικασίες που υλοποιούνται στον χώρο αυτό μετά την προσγείωση και κατά την κίνηση του αεροσκάφους προς την πύλη άφιξης. Επιπροσθέτως, η επικοινωνία του πληρώματος αέρος με το αντίστοιχο πλήρωμα στο έδαφος εκτελείται κυρίως οπτικά με χρήση νοημάτων με τα χέρια ή ακολουθώντας το σύστημα φωτισμού καθοδήγησης.

Σε αντίθεση, οι διαδικασίες που εκτελούνται κατά την αναχώρηση του αεροσκάφους εφαρμόζονται υπό το πρίσμα τυποποιημένων διαδικασιών και λιστών ελέγχου (checklists). Το πλήρωμα αέρος βρίσκεται συνήθως σε επικοινωνία με τον πύργο ελέγχου ή την εταιρεία που είναι υπεύθυνη για τις διαδικασίες που εκτελούνται στον χώρο εξυπηρέτησης πριν από κάθε κίνηση του αεροσκάφους. Επίσης η επικοινωνία των δύο μερών γίνεται με ομιλία τουλάχιστον κατά τα πρώτα στάδια αναχώρησης του αεροσκάφους.

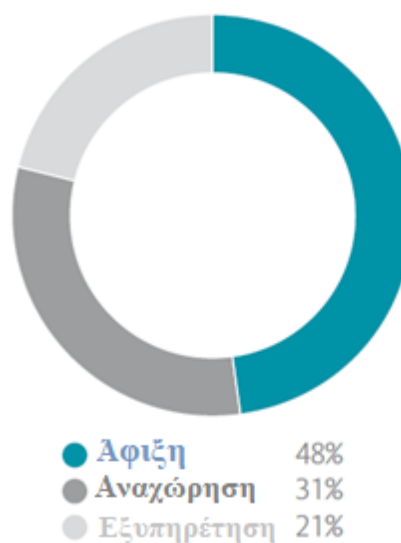
Στην περιοχή εισόδου και εξόδου από και προς τον χώρο εξυπηρέτησης, δηλαδή στους τροχόδρομους έλαβαν χώρα το 18% των ατυχημάτων. Σε αυτόν τον χώρο το αεροσκάφος είθισται να βρίσκεται σε επικοινωνία ή υπό τον έλεγχο του πύργου ελέγχου. Κατά ένα 39% το ατύχημα έλαβε χώρα στην είσοδο ή έξοδο από και προς την πύλη. Σε αυτόν τον χώρο, είναι πιο πιθανό το αεροσκάφος να μην είναι σε επικοινωνία με κάποιον υπεύθυνο για τον συγκεκριμένο χώρο και για την κίνηση του αεροσκάφους αλλά να βασίζεται στο προσωπικό εδάφους για καθοδήγηση σε αυτό. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων, 43% πραγματοποιήθηκε μέσα στον χώρο στάθμευσης στην πύλη, δηλαδή σε απόσταση μικρότερη των δέκα μέτρων από την γραμμή στάσης του ρηναίου τροχού. Κατά την διάρκεια αυτής της κίνησης το πλήρωμα αέρος, βασίζεται μόνο στον πλήρωμα εδάφους για τις τελικές οδηγίες τροχοδρόμησης και αποφυγής των εμποδίων. Αυτή η καθοδήγηση εκτελείται συνήθως με τα χέρια από τον υπόλογο ή με σήματα από τα φώτα στάθμευσης ή καθοδήγησης που βρίσκονται πάνω στο τερματικό κτίριο.

Όπως είναι αναμενόμενο, παρουσιάστηκαν περισσότερα ατυχήματα στον χώρο στάθμευσης στην πύλη κατά την άφιξη του αεροσκάφους (48%) από ότι κατά την αναχώρηση (31%). Μία πιθανή επεξήγηση είναι ότι τα εμπόδια που μπορεί να συναντήσει κάποιο αεροσκάφος είναι πολύ περισσότερα κατά την είσοδο του στον πιο συνωστισμένο χώρο του χώρου εξυπηρέτησης, δίπλα από τις πύλες και τους τερματικούς σταθμούς. Επίσης παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν λιγότερα ατυχήματα κατά την άφιξη στον χώρο της ράμπας (13%) από ότι κατά την αναχώρηση του αεροσκάφους (30%). Αυτό ίσως να συμβαίνει καθώς οι μετακινήσεις των αεροσκαφών με χρήση εξωτερικών δυνάμεων από και προς τις πύλες είναι πολύ περισσότερες στις διαδικασίες αναχώρησης του αεροσκάφους. Όλα τα παραπάνω στοιχεία απεικονίζονται διαγραμματικά στο σχήμα 2:

Κατανομή περιστατικών στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών - Αφίξεις και Αναχωρήσεις



Περιστατικά στον χώρο στάθμευσης στην πύλη του αεροδρομίου



Σχήμα 2 Διαγραμματική αναπαράσταση ατυχημάτων στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών όσον αφορά τον χώρο και την χρονική περίοδο που συνέβησαν

Ο εξοπλισμός εδάφους και κατά συνέπεια το προσωπικό εδάφους φαίνεται να είναι πιο ευάλωτα σε ζημιές και τραυματισμούς καθώς το 21% των ατυχημάτων συνέβη μετά την ακινητοποίηση του αεροσκάφους. Σύμφωνα με τις αναφορές κατά το 64% των ατυχημάτων, το αεροσκάφος δεχόταν οδηγίες από το προσωπικό εδάφους για την κίνησή του στον χώρο. Κατά το 56% των ατυχημάτων οι υπόλογοι ήταν παρών και στο 17% των ατυχημάτων ένας τουλάχιστον πεζός συνοδός από την μεριά των φτερών ήταν παρών. GASS (2014).

Η επικοινωνία αποτελεί ένα ζωτικό κομμάτι της καθοδήγησης στον χώρο εξυπηρέτησης των αεροσκαφών και η αναποτελεσματική επικοινωνία αποτελεί τον πρωταρχικό λόγο που δημιουργούνται ατυχήματα στο έδαφος. Σύμφωνα με τις αναφορές υπήρχε επικοινωνία στο 79% των ατυχημάτων, με χρήση ομιλίας, οπτικών σημάτων ή και των δύο. Δυστυχώς όμως σύμφωνα με τις ίδιες αναφορές στο 52% των ατυχημάτων η επικοινωνία αυτή ήταν ελλιπής και πτωχή.

Ο συνωστισμός στον χώρο αυτό, η αύξηση στον αριθμό των πτήσεων, η απαίτηση για αυστηρότερο προγραμματισμό αεροσκαφών και προσπάθειες ώστε να τοποθετηθούν και να εξυπηρετηθούν μεγάλα αεροσκάφη σε πύλες που αρχικά σχεδιάστηκαν για μικρότερα αεροσκάφη υποβοηθούν την αυξημένη κίνηση στον χώρο εξυπηρέτησης και στην έλλειψη χώρου κίνησης σε αυτό.

2.4 Πρόγραμμα Πρόληψης Ατυχημάτων στο Έδαφος

Το 2003 ο FSF εισήγαγε το Πρόγραμμα Πρόληψης Ατυχημάτων στο Έδαφος - Ground Accident Prevention program (GAP), ένα πρόγραμμα το οποίο αναπτύχθηκε ως απάντηση στον διαρκώς αυξανόμενο αριθμό των ατυχημάτων στο έδαφος. Το πρόγραμμα αυτό αναπτύσσει πληροφορίες σε ένα πρακτικό ηλεκτρονικό εργαλείο το οποίο έχει ως στόχο την μείωση των ατυχημάτων που λαμβάνουν χώρα στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών, στους τροχόδρομους και κατά την διάρκεια κίνησης των αεροσκαφών από και προς αυτά.

Ο χώρος εξυπηρέτησης αεροσκαφών είναι ένας πολυσύχναστος και επικίνδυνος χώρος, γεμάτος από αεροσκάφη, οχήματα και ανθρώπους τα οποία βρίσκονται σε διαρκή κίνηση υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Η αλλαγή των βαρδιών και των πόστων μεταξύ του προσωπικού είναι πολύ συχνές, η ποιότητα της εκπαίδευσης δεν είναι σταθερή και οι τυποποιημένες διαδικασίες λειτουργίας μπορεί είτε να μην υπάρχουν ή είτε να μην εφαρμόζονται.

Το 2007, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προγράμματος υπολογίστηκε ότι δαπανήθηκαν 5 δισεκατομμύρια δολάρια σε άμεσα κόστη για την επιδιόρθωση βλαβών στα αεροσκάφη που προκλήθηκαν στον χώρο εξυπηρέτησης. Από αυτά τα 4 δισεκατομμύρια δαπανήθηκαν από την αεροπορική βιομηχανία παγκοσμίως και το 1 δισεκατομμύριο από τις εταιρείες εδάφους. Μόνο ένα κομμάτι των χρημάτων αυτών καλύπτεται από τις ασφαλιστικές εταιρείες. Μία αεροπορική εταιρεία παραχώρησε πληροφορίες σύμφωνα με αυτό το κομμάτι στο FSF και από τα 274 ατυχήματα που έλαβαν χώρα στο έδαφος, μόνο ένα ξεπέρασε σε άμεσα κόστη το έκπτωτο όριο της ασφαλιστικής εταιρείας. Το μέσο κόστος για κάθε ατύχημα στο χώρο εξυπηρέτησης ήταν 250.000 \$.

Το κόστος των 5 δισεκατομμυρίων βοήθησε ώστε να δοθεί η απαραίτητη προσοχή στο πρόβλημα. Η ζημιά αυτή ήταν αποδεκτή από τις εταιρείες ως το κόστος λειτουργίας της επιχείρησης και δεν αντιμετωπιζόταν ως ένα πρόβλημα ασφαλείας στον χώρο εξυπηρέτησης των αεροσκαφών. Ωστόσο η αρχική εκτίμηση δεν εμπεριείχε τα έμμεσα κόστη από τον τραυματισμό προσωπικού στον χώρο αυτό. Όταν επαναπροσδιορίστηκε ο τρόπος υπολογισμού ώστε να συνδυάζονται τα άμεσα και έμμεσα κόστη για την ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, αποζημιώσεις κ.λπ. η αρχική εκτίμηση διπλασιάστηκε.

Στην πιο πρόσφατη εκτίμηση, τα ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών κοστίζουν παγκοσμίως 10 δισεκατομμύρια δολάρια σε άμεσα και έμμεσα κόστη. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες της IATA για την ανάλυση με χρήση του GAP οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι το 80% των ατυχημάτων προέρχεται από επαφή αεροσκαφών με εξοπλισμό εδάφους (φορτωτές αποσκευών, σκάλες, φορτηγά καυσίμων κ.λπ.).

Το πρόγραμμα GAP τονίζει ότι τα ανθρώπινα λάθη και πιο συγκεκριμένα η μη συμμόρφωση με τις θεσπισμένες διαδικασίες λειτουργίας ως τον κύριο λόγο που παρουσιάζονται ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών.



Εικόνα 2 Τυπικός χώρος εξυπηρέτησης αεροσκαφών.

Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης και οι ιδιαιτερότητες οι οποίες το διέπουν.

Κεφάλαιο 3ο

Το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης

Ο Διεθνής Αερολιμένας Χανίων γνωστός με την ονομασία Ιωάννης Δασκαλογιάννης βρίσκεται στο νομό Χανίων και πιο συγκεκριμένα στην χερσόνησο του ακρωτηρίου/ Σούδας σε απόσταση περίπου 14 χιλιομέτρων από το κέντρο της πόλης. Το όνομά του δόθηκε προς τιμή του επαναστάτη και αγωνιστή Ιωάννη Δασκαλογιάννη που αποτέλεσε τον αρχηγό της επανάστασης στα Σφακιά της Κρήτης ενάντια στην Οθωμανική αυτοκρατορία 1770-1771.

3.1 Ιστορικά

Η τοποθεσία του πολιτικού αεροδρομίου Χανίων δεν βρισκόταν πάντα στην συγκεκριμένη θέση που βρίσκεται σήμερα. Αρχικά βρισκόταν εκεί που σήμερα βρίσκεται το αεροδρόμιο του Μάλεμε, το οποίο και εξυπηρετούσε τις πολιτικές πτήσεις από το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, έως το 1959. Το 1959 η δραστηριότητα του αεροδρομίου μεταφέρθηκε στην σημερινή του θέση στο αεροδρόμιο της Σούδας εκεί όπου στεγάζεται μέχρι και σήμερα η 115 πτέρυγα μάχης. Το 1967 κατασκευάστηκε ο πρώτος τερματικός σταθμός για επιβάτες και χώρος στάθμευσης για δύο αεροσκάφη. Μερικά χρόνια αργότερα το 1974 εκτελέστηκε η πρώτη διεθνής πτήση. Από τότε η όλο και αυξανόμενη απαίτηση λόγω του τουρισμού έδειξε ότι το αεροδρόμιο δεν είχε αρκετούς χώρους και χρειαζόταν μία αναβάθμιση. Τελικά αυτή ολοκληρώθηκε το 1996. Το αεροδρόμιο πλέον μπορούσε να εξυπηρετήσει έξι αεροσκάφη και συνολικά 1.35 εκατομμύρια επιβάτες το χρόνο. Το 2000 το αεροδρόμιο ονομάστηκε Ιωάννης Δασκαλογιάννης.

Το Δεκέμβριο του 2015 το αεροδρόμιο των Χανίων παραχωρήθηκε μαζί με άλλα 13 αεροδρόμια σε σύμπραξη για 40 χρόνια από 11 Απριλίου του 2017 στην Fraport. Στις 22 Μάρτιου του 2017 η παραπάνω εταιρία παρουσίασε το σχέδιό της για όλα τα αεροδρόμια της σύμπραξης συμπεριλαμβανομένου και του αεροδρομίου των Χανίων. Σύμφωνα με αυτό θα βελτιωθούν:

- Γενικότερη καθαριότητα του χώρου
- Ο φωτισμός των χώρων κίνησης των αεροσκαφών
- Οι εγκαταστάσεις υγιεινής
- Οι προσφερόμενες υπηρεσίες και θα τοποθετηθεί ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο wifi.
- Η πυρασφάλεια σε όλες τις περιοχές του αεροδρομίου με εφαρμογή έργων.

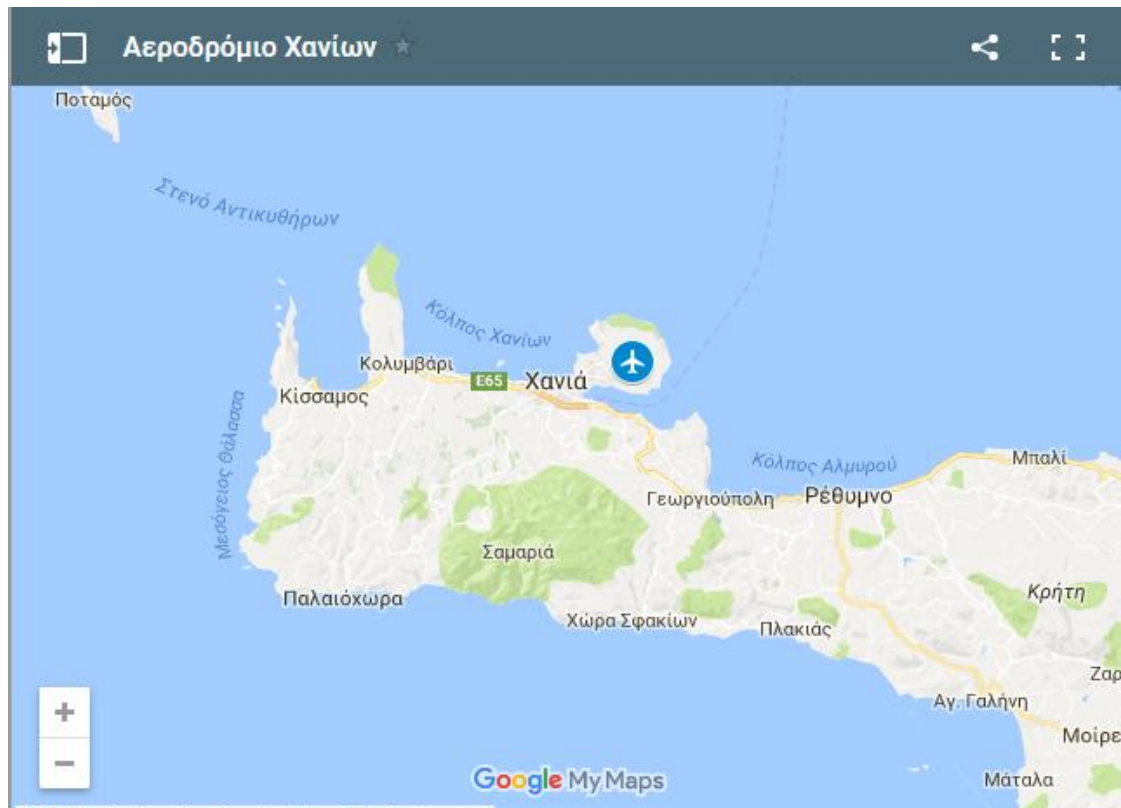
Τα παρακάτω συνοψίζουν τις βελτιώσεις οι οποίες ξεκίνησαν τον Οκτώβριο του 2017 και θα ενσωματωθούν στο πλάνο επενδύσεων της Fraport για το αεροδρόμιο των Χανίων μέχρι το 2021:

- Αναδιάρθρωση εσωτερικής χρήσης του τερματικού
- Αναδιάρθρωση του σαλονιού στην πύλη αναχώρησης.
- Διεύρυνση της περιοχής ελέγχου ασφαλείας
- Τοποθέτηση συστήματος ανίχνευσης αποσκευών HBS
- Επέκταση της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων ή σύνδεση με την δημοτική υπηρεσία
- Ανακαίνιση του οδοστρώματος του αεροδρομίου
- Αύξηση κατά 25% των πυλών αναχώρησης από 8 σε 10
- Διπλασιασμός στον αριθμό λωρίδων ελέγχου ασφαλείας από 4 σε 8

Σήμερα έχουν ολοκληρωθεί οι μελέτες για τον εκσυγχρονισμό του αεροδρομίου "Ιωάννης Δασκαλογιάννης" στα Χανιά και πλέον είναι θέμα χρόνου να ολοκληρωθεί το νέο κτίριο εξυπηρέτησης επιβατών και η κατασκευή νέου Πύργου Ελέγχου. (<https://www.fraport-greece.com/ell/profil-aerodromion/chania>)

3.2 Τοποθεσία

Ο Διεθνής Αερολιμένας Χανίων γνωστός με την ονομασία Ιωάννης Δασκαλογιάννης βρίσκεται στο νομό Χανίων και πιο συγκεκριμένα στην χερσόνησο του ακρωτηρίου/ Σούδας, εικόνα 3, σε απόσταση περίπου 14 χιλιομέτρων από το κέντρο της πόλης. Απέχει επίσης 68 χιλιόμετρα από την πόλη του Ρεθύμνου και 148 χιλιόμετρα από το αεροδρόμιο του Ηρακλείου.



Εικόνα 3 Τοποθεσία Διεθνούς αερολιμένα Χανίων στο google maps

3.3 Χαρακτηριστικά

Το αεροδρόμιο των Χανίων φέρει τους εξής κωδικούς: για την IATA, CHQ για τον ICAO, LGSA και για την ΥΠΑ, KAXND. Η επιφάνεια που καλύπτουν κτιριακές εγκαταστάσεις είναι 14.650 τ.μ.. Ο κύριος διάδρομος απογείωσης- προσγείωσης έχει μήκος 3.347μ και πλάτος 45μ. Οι διάδρομοι που χρησιμοποιούνται ανάλογα με την κατεύθυνση του ανέμου είναι ο 29 και ο 11 με κύρια χρήση να γίνεται αυτή του 29 καθώς οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι συνήθως βόρειοι, βορειοδυτικοί, δυτικοί. Η διεύθυνση του κύριου διαδρόμου είναι ως προς τον μαγνητικό βορρά 291° ενώ για τον εφεδρικό είναι 111° . Η διεύθυνση μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητή με μία φωτογραφία από δορυφόρο, εικόνα 4.



Εικόνα 4 Φωτογραφία αεροδρομίου Ιωάννης Δασκαλογιάννης από δορυφόρο

Έχοντας ως βάση τον παραπάνω διάδρομο αναπτύχθηκε και η Νατοϊκή βάση της Σούδας. Από τον ίδιο διάδρομο εξυπηρετείται η 115 πτέρυγα μάχης καθώς επίσης και η ελληνική βάση Αμερικανικής ευκολίας.

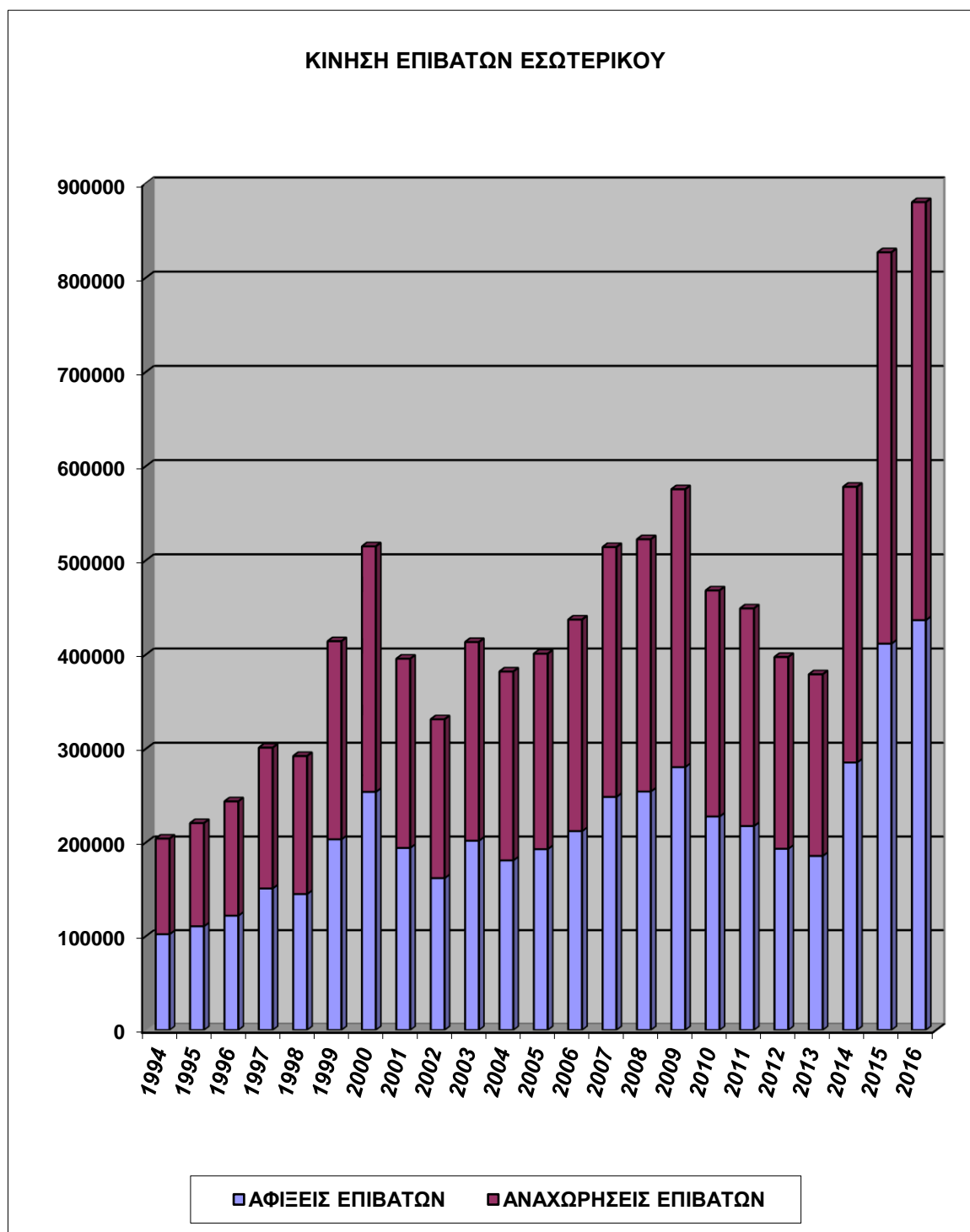
Στο αεροδρόμιο των Χανίων πραγματοποιούνται πτήσεις εσωτερικού και εξωτερικού, επιβατικές, εμπορικές και πολεμικές. Στην παρούσα εργασία, το σύνολο της μελέτης αφορά τις πολιτικές πτήσεις που εξυπηρετεί το αεροδρόμιο. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα δεδομένα για τον αριθμό επιβατών και πτήσεων από και προς το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης.

3.4 Το αεροδρόμιο σε αριθμούς

Το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης, αποτελεί το πέμπτο αεροδρόμιο στην χώρα όσον αφορά την εξυπηρέτηση όγκου επιβατών, καταγράφοντας ρεκόρ για το αεροδρόμιο το 2017 μεταφέροντας 3,042,903 επιβάτες. Στους παρακάτω πίνακες 3 και 4 παρουσιάζονται τα δεδομένα για τα προηγούμενα χρόνια όσον αφορά αριθμό πτήσεων, αριθμό επιβατών που εξυπηρετήθηκε κάθε χρόνο για πτήσεις εσωτερικού και εξωτερικού καθώς επίσης και αριθμό εμπορικών πτήσεων που ολοκληρώθηκε μαζί με τον όγκο σε τόνους που μεταφέρθηκε.

Πίνακας 3 Παρουσίαση ανά έτος των αναχωρήσεων και αφίξεων επιβατικών και εμπορευματικών αεροσκαφών για πτήσεις εσωτερικού από το 1994- 2016 με στοιχεία για το σύνολο των μεταφερθέντων επιβατών και τόνων εμπορεύματος αντίστοιχα

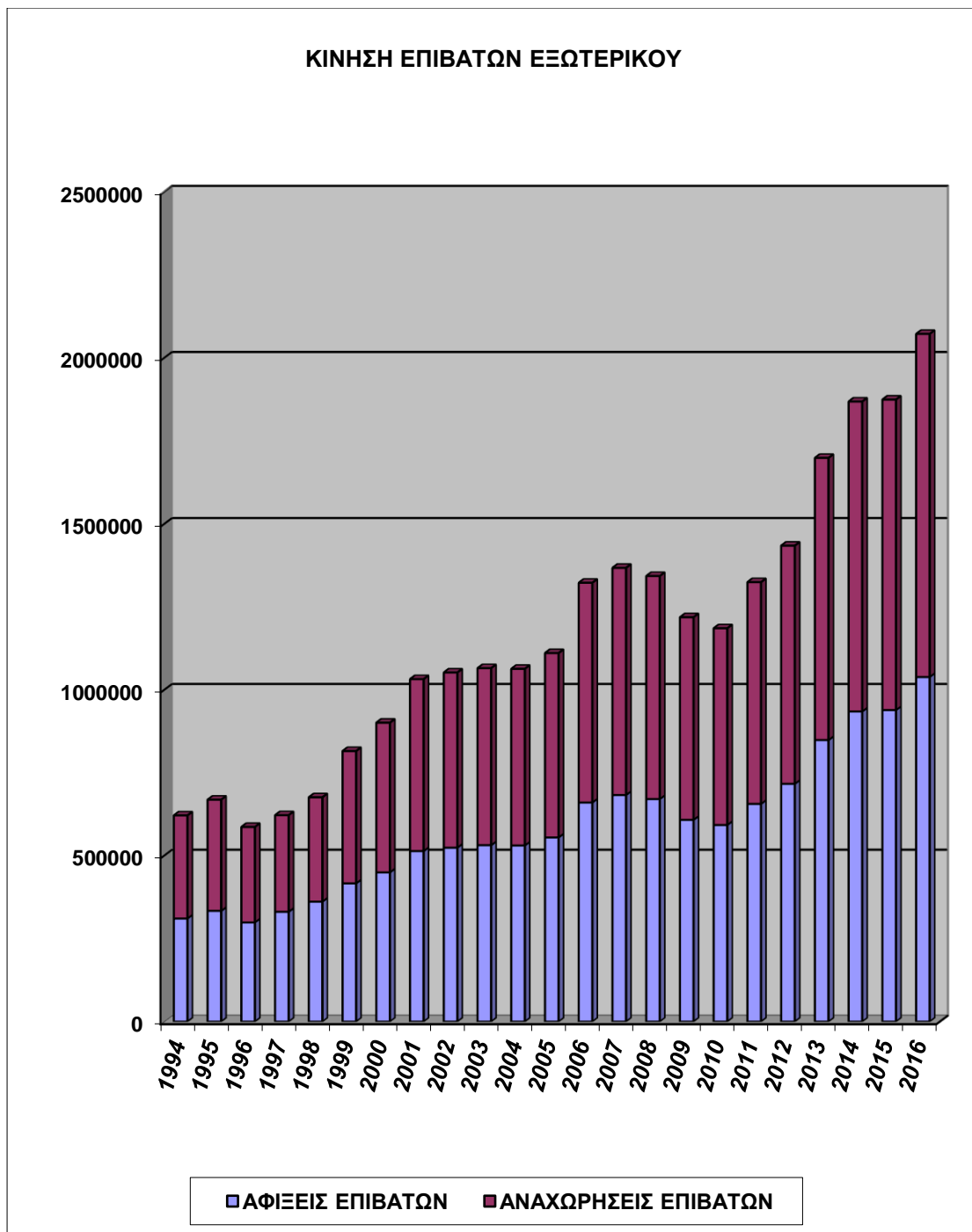
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑΣ ΧΑΝΙΩΝ					
ΚΙΝΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ					
ΕΤΗ	Α/ΦΗ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ		ΕΜΠΟΡ/ΤΑ σε τόν.	
	ΑΦ.+ ΑΝ.	ΑΦΙΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.	ΑΦΙΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.
1994	2.409	102.386	101.974	2.552	125
1995	2.770	110.777	110.133	2.260	118
1996	2.815	122.136	122.010	1.724	102
1997	3.543	151.231	150.240	1.725	98
1998	4.018	145.216	147.288	1.531	87
1999	6.700	203.598	210.831	1.735	68
2000	7.563	254.231	260.862	2.151	52
2001	6.717	194.480	201.384	2.277	78
2002	5.121	162.173	169.348	2.127	48
2003	7.182	202.107	211.434	1.943	32
2004	6.423	181.122	201.102	1.731	13
2005	6.211	193.179	207.962	1.927	22
2006	6.458	212.376	225.027	1.715	14
2007	7.154	248.906	265.412	1.682	10
2008	6.864	254.659	267.999	1.883	15
2009	8.560	280.717	294.970	1.328	13
2010	6.417	227.956	240.323	1.171	15
2011	5.591	217.817	231.394	921	9
2012	4.943	193.565	204.096	599	44
2013	4.319	185.888	193.392	535	10
2014	4.992	285.611	292.675	461	7
2015	6.118	411.793	415.397	449	4
2016	6.253	436.793	443.623	457	10



Σχήμα 3 Διαγραμματική αναπαράσταση αφίξεων και αναχωρήσεων επιβατών για πτήσεις εσωτερικού για τα έτη 1994-2016

Πίνακας 4 Παρουσίαση ανά έτος των αναχωρήσεων και αφίξεων επιβατικών και εμπορευματικών αεροσκαφών για πτήσεις εξωτερικού από το 1994- 2016 με στοιχεία για το σύνολο των μεταφερθέντων επιβατών και τόνων εμπορεύματος αντίστοιχα

ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑΣ ΧΑΝΙΩΝ					
ΚΙΝΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ					
ΕΤΗ	Α/ΦΗ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ		ΕΜΠΟΡ/ΤΑ σε τόν.	
	ΑΦ.+ ΑΝ.	ΑΦΙΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.	ΑΦΙΞΕΙΣ	ΑΝΑΧΩΡ.
1994	3.924	311.007	310.979	0	0
1995	4.533	334.118	335.398	0	0
1996	3.825	299.346	287.760	0	0
1997	4.154	331.475	291.214	1	0
1998	4.587	362.033	314.654	0	0
1999	5.061	417.136	398.909	0	0
2000	5.449	450.258	451.452	0	0
2001	6.214	514.495	518.623	0	0
2002	6.705	524.740	528.318	0	0
2003	6.792	532.208	533.904	1	5
2004	6.791	531.277	532.876	1	0
2005	6.849	555.647	555.981	23	12
2006	8.302	660.904	662.652	0	0
2007	8.276	683.669	684.847	2	0
2008	8.342	671.477	672.446	19	0
2009	7.454	608.693	611.086	4	0
2010	7.435	593.228	593.357	1	5
2011	8.325	656.791	668.706	0	47
2012	9.177	717.249	718.064	0	0
2013	10.757	849.271	850.306	4	0
2014	11.904	935.615	933.665	9	0
2015	11.640	939.794	935.299	11	1
2016	13.035	1.039.616	1.033.246	50	1



Σχήμα 4 Διαγραμματική αναπαράσταση αφίξεων και αναχωρήσεων επιβατών για πτήσεις εξωτερικού για τα έτη 1994-2016

Εύκολα μπορεί να παρατηρήσει ο καθένας από τα σχήματα 3 και 4 ότι υπάρχει μία συνεχώς αυξανόμενη κίνηση στο αεροδρόμιο το Χανίων. Αυτό οφείλεται στην ραγδαία ανάπτυξη του τουριστικού τομέα καθώς επίσης και στις χαμηλού κόστους αεροπορικές εταιρείες οι οποίες πλέον εξυπηρετούνται από το αεροδρόμιο. Βέβαια όσες περισσότερες είναι οι κινήσεις των αεροσκαφών από και προς το αεροδρόμιο τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα εμφάνισης ενός ατυχήματος στον χώρο εξυπηρέτησης των αεροσκαφών.

3.5 Ο χώρος εξυπηρέτησης στο Ιωάννης Δασκαλογιάννης

Όπως αναλύθηκε παραπάνω ο χώρος εξυπηρέτησης αεροσκαφών εμπεριέχει τους χώρους στους οποίους εξυπηρετείτε το αεροσκάφος, τις περιοχές φόρτωσης και εκφόρτωσης επιβατών, υλικών, καυσίμων καθώς επίσης και όλους τους χώρους στους οποίους κινείται το αεροσκάφος ώστε να φτάσει στον παραπάνω χώρο. Σύμφωνα λοιπόν με αυτά ο χώρος εξυπηρέτησης του αεροδρομίου Ιωάννης Δασκαλογιάννης παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα 5.

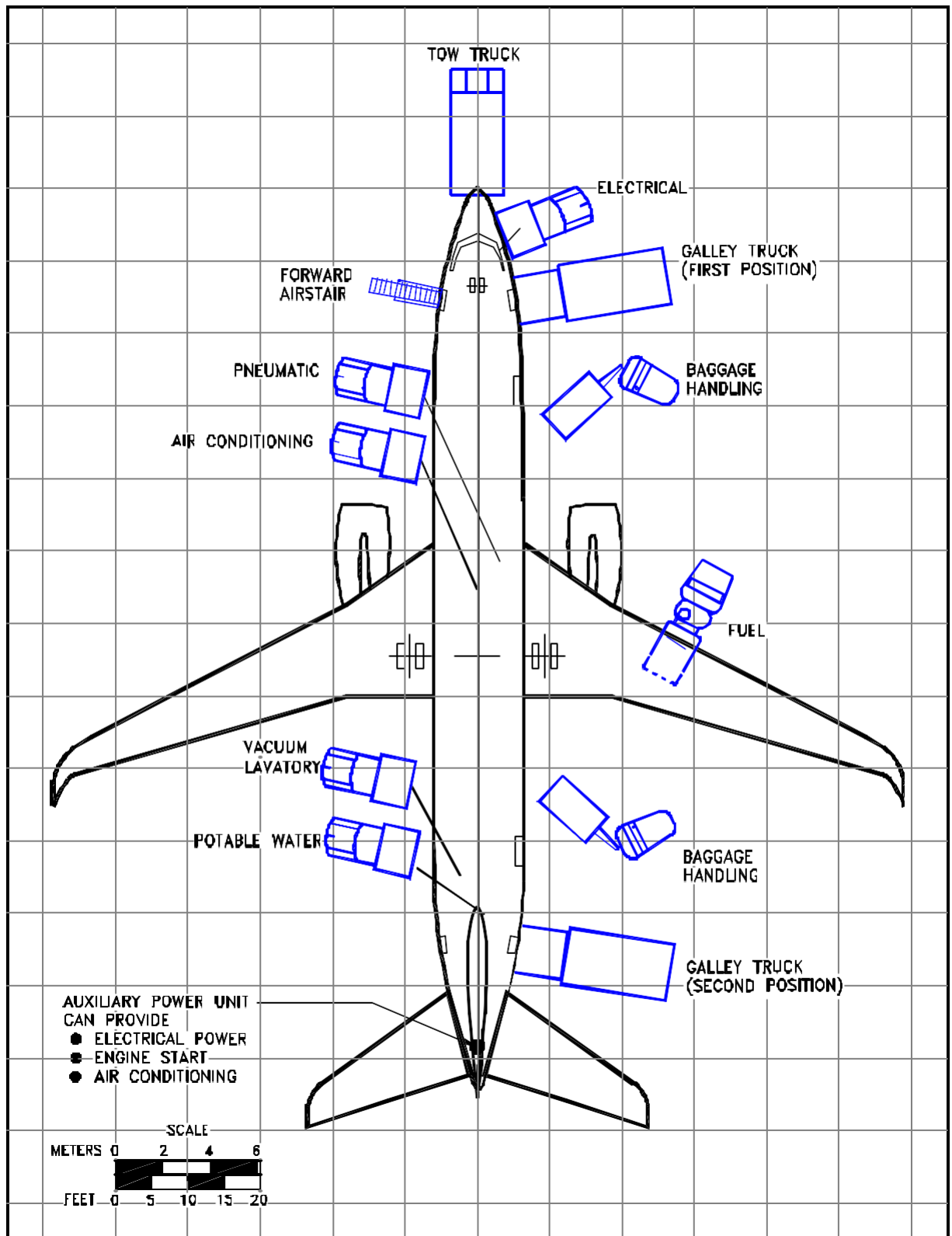


Εικόνα 5 Ο χώρος εξυπηρέτησης του αεροδρομίου Ιωάννης Δασκαλογιάννης

Φαίνονται οι έξι θέσης στάθμευσης και δύο αεροσκάφη σταθμευμένα. Το αριστερό αεροσκάφος, ένα Boeing 737-800 βρίσκεται στην φάση της εξυπηρέτησης. Υπάρχουν γύρω του διάφορα οχήματα τα οποία όλα επιτελούν κάποιο ρόλο για την εξυπηρέτηση του αεροσκάφους. Υπάρχει ένα φορτηγό ανεφοδιασμού, δύο αστικά λεωφορεία για την μεταφορά των επιβατών στην πύλη του αεροδρομίου, ένα πυροσβεστικό όχημα το οποίο επιβλέπει την διαδικασία ανεφοδιασμού, ένα όχημα μεταφοράς βαλιτσών από το χώρο του αεροδρομίου προς το αεροσκάφος και ανάποδα, ένα όχημα για την τοποθέτηση χειραποσκευών από τους επιβάτες ώστε αυτές να τοποθετηθούν από εκεί στον αποθηκευτικό χώρο του αεροσκάφους, το όχημα του επιβλέποντα επιθεωρητή ασφαλείας, το όχημα του υπόλογου του αεροσκάφους και μία

επίγεια γεννήτρια, η οποία χρησιμοποιείται για να έχει το αεροσκάφος παροχή ρεύματος ικανή για να εκκινήσει τους κινητήρες του αεροσκάφους, χρήση κλιματισμού κλπ. Παρατηρούνται λοιπόν 9 οχήματα εξωτερικά του αεροσκάφους με προσωπικό το οποίο έχει να εκτελέσει κάποιες εργασίες σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Όταν το αεροσκάφος προορίζεται για πλήρης στάθμευση και ακινητοποίηση, τότε υπάρχουν περισσότερα οχήματα γύρω του. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης του αεροσκάφους, εικόνα 6, τοποθετούνται 12 οχήματα όπως παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 6 Παρουσίαση όλων των προβλεπόμενων εμπλεκόμενων οχημάτων στην εξυπηρέτηση αεροσκάφους τύπου boeing 737-800 Boeing(D6-58325-6)

Οπότε είναι σχετικά πιθανό όταν εμπλέκονται τόσα πολλά οχήματα τα οποία κινούνται σε αυτόν τον περιορισμένο χώρο να δημιουργηθεί ένα ατύχημα. Ιδιαίτερα

όταν οι καιρικές συνθήκες είναι κακές, τα χρονικά περιθώρια είναι στενά και υπάρχει αυξημένη απαίτηση για το αεροδρόμιο.

Τα τελευταία χρόνια ο κλάδος του τουρισμού ανθίζει και όλο και περισσότερες πτήσεις καταφθάνουν στο αεροδρόμιο των Χανίων. Όπως παρουσιάστηκε στο παρών κεφάλαιο οι πτήσεις και ο όγκος των επιβατών συνεχώς αυξάνονται. Οπότε είναι θεμιτό να υπολογιστούν οι πιθανότητες εμφάνισης ενός ατυχήματος στο χώρο εξυπηρέτησης των αεροσκαφών στο αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης μετά την δημιουργία ενός ατυχήματος. Για τον υπολογισμό αυτό θα χρησιμοποιηθούν bow ties και εφαρμογή στοιχείων που αποκτήθηκαν από την ΥΠΑ και την Fraport.

Κεφάλαιο 4ο

Διαγραμματική αναπαράσταση λαθών με χρήση δέντρων αστοχιών

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαγραμματική απεικόνιση των λαθών κατά την παραγωγή με δέντρα αστοχιών (Fault trees). Τα λάθη αυτά εντοπίζονται κατά την εκτέλεση μίας εργασίας και γίνεται κατανοητός και ο τρόπος με τον οποίο κάποιο από αυτά τα λάθη μπορεί να οδηγήσει σε ένα ατύχημα. Το δέντρο αστοχιών είναι ένα λογικό διάγραμμα, με το οποίο αναλύεται με χρήση της Λογικής Boole ένα ατύχημα σε επιμέρους χαμηλότερου επιπέδου γεγονότα. Έτσι αποκαλύπτεται η αλληλεπίδραση μεταξύ των αιτιών για την εμφάνιση ενός ανεπιθύμητου γεγονότος. Πρόκειται για μια συμπερασματική μέθοδο. Η μέθοδος ξεκινά από ένα κορυφαίο γεγονός και αναλύεται σε άλλα πιο ειδικά συμπεριλαμβάνοντας όλα όσα μπορεί να έχουν οδηγήσει στο ανεπιθύμητο γεγονός. Πιο συγκεκριμένα επιλέγεται το ανεπιθύμητο γεγονός (λάθος) και όλοι οι παράγοντες που συνετέλεσαν στην εμφάνισή παρουσιάζονται με τη μορφή ενός δέντρου. Η διαγραμματική ανάλυση αποτελεί έναν ευκολονόητο τρόπο ώστε να επισημανθεί η απαρχή του λάθους και να τονιστούν όλα τα γεγονότα και ο τρόπος σύνδεσής τους. Παρουσιάζεται έτσι ένα ‘δέντρο’ με την χρήση λογικών πυλών που τελικό στόχο έχει τα γεγονότα στο τελευταίο επίπεδο να είναι ανεξάρτητα και να μην επιδέχονται περαιτέρω ανάλυση.

Τα ατυχήματα δημιουργούνται συνήθως από τον συνδυασμό πολλών γεγονότων, λαθών ή παραλείψεων. Τα γεγονότα αυτά μπορεί να επηρεάζουν είτε μόνο τον εργαζόμενο είτε μόνο το εργασιακό περιβάλλον και μπορούν να χαρακτηρίζονται τακτικά και έκτακτα. Η παρακάτω ανάλυση έχει ως σκοπό να αναγνωριστούν όλοι οι λόγοι που το σύστημα αστόχησε και οδηγήθηκε σε μία ανεπιθύμητη κατάσταση ώστε στην εκ νέου σχεδίαση της γραμμής παραγωγής να τοποθετηθούν μέτρα πρόληψης και να αποφευχθεί μία τέτοια κατάσταση στο μέλλον.

Η μέθοδος του δένδρου αστοχιών αποδίδει ένα τρόπο αναπαράστασης των αποτελεσμάτων της μελέτης και βοηθά στη συστηματοποίηση της πρόληψης των ατυχημάτων με κατάλληλη επιλογή και ανάπτυξη των μέτρων πρόληψης. Το δένδρο αστοχιών απεικονίζει όλα τα γεγονότα που οδήγησαν στο ατύχημα, αναπαριστώντας τόσο τις λογικές όσο και τις χρονολογικές διασυνδέσεις μεταξύ τους, Marshall (2012).

4.1 Ιεραρχία των γεγονότων

Τα γεγονότα του δέντρου ιεραρχούνται με συγκεκριμένο τρόπο όπως αυτός παρουσιάζεται παρακάτω:

- Κορυφαίο γεγονός: Είναι το γεγονός από το οποίο ξεκινάει η ανάλυση και οδηγεί στην δημιουργία του υπόλοιπου δέντρου. Τοποθετείτε στην κορυφή του ‘δέντρου’.

- Πρωτεύον γεγονός: είναι βασικό λάθος το οποίο οδήγησε στην εμφάνιση του ατυχήματος. Τοποθετείτε στο αμέσως επόμενο επίπεδο από το κορυφαίο γεγονός. Χαρακτηριστικό αυτού του γεγονότος είναι ότι η αστοχία του οφείλεται στο ίδιο το στοιχείο και όχι σε κάποιον εξωτερικό παράγοντα.

- Δευτερεύον γεγονός: είναι ένα λάθος το οποίο βοήθησε στην εκδήλωση λάθους, αλλά η αστοχία του προέρχεται από κάποιον εξωτερικό παράγοντα (πχ καιρικές συνθήκες, διακοπή ρεύματος κ.λπ.).

- Βασικό γεγονός: είναι ένα γεγονός που τοποθετείται στην βάση του δέντρου. Αυτό δεν μπορεί να αναλυθεί περισσότερο ή η περαιτέρω ανάλυση είναι περιττή καθώς έχει καλυφθεί η ανάγκη για συλλογή δεδομένων από αυτό το γεγονός.

Άρα τα βασικά βήματα της ανάλυσης είναι :

1. Επιλογή του κορυφαίου γεγονότος
2. Καθορισμός και ιεράρχηση των γεγονότων
3. Προσδιορισμός των αιτιών που οδήγησαν στο κορυφαίο γεγονός με χρήση των λογικών πυλών or , and.

4.2 Κορυφαίο γεγονός

Το κορυφαίο γεγονός αποτελεί το ατύχημα το οποίο σκοπεύει να αναλύσει ο μελετητής. Είναι ένα γεγονός το οποίο έχει αρνητικές συνέπειες για το προσωπικό, τον εξοπλισμό ή το περιβάλλον και τοποθετείται σε ένα ορθογώνιο πλαίσιο στην κορυφή του δένδρου. Στη συνέχεια αναλύονται όλοι οι επιμέρους παράγοντες οι οποίοι οδήγησαν στο ξέσπασμα του ατυχήματος και έτσι σχεδιάζεται το δέντρο αστοχιών.

4.3 Παραδοχές για την δημιουργία του δέντρου

Για τον σχεδιασμό και την δημιουργία του δέντρου πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές από τον μελετητή:

1. Για κάθε γεγονός που τοποθετείται στο δέντρο ασχέτως ιεράρχησης μπορεί να χαρακτηριστεί είτε από επιτυχία είτε από αποτυχία.
2. Τα βασικά λάθη που τοποθετούνται στην βάση του δέντρου αστοχιών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.
3. Εφόσον καθοριστεί το κορυφαίο γεγονός, καταγράφονται όλοι οι παράγοντες που ενεπλάκησαν στην εμφάνιση του ατυχήματος και η σύνδεσή τους εκτελείται με χρήση λογικών πυλών AND και OR
4. Κατά την ποσοτικοποίηση του δέντρου, κάθε ποσότητα εκφράζεται από μια σταθερά με την οποία καθορίζεται η συχνότητα εμφάνισης του λάθους και πάντα ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή.
5. Ο μελετητής πρέπει να γνωρίζει καλά τη λειτουργία της μονάδας παραγωγής στην οποία εμφανίστηκε το ατύχημα ώστε να οδηγηθεί σε σωστή ανάλυση. Εάν δεν έχει την δυνατότητα για κάτι τέτοιο τότε πρέπει να λάβει υπόψιν του τις συμβουλές κάποιου ειδικού επί το έργο.

4.4 Σχεδιασμός του δέντρου

Το δέντρο αστοχιών αναπτύσσεται με μία σειρά από πάνω προς τα κάτω. Στην κορυφή του δέντρου βρίσκεται το κορυφαίο γεγονός και από κάτω τοποθετούνται σε διάφορα επίπεδα όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες που αφορούν το κορυφαίο γεγονός. Σε αυτά τα κατώτερα επίπεδα τοποθετούνται οι αιτίες που οδήγησαν σε αυτό το γεγονός και αυτές συνδέονται μεταξύ τους με λογικές πύλες. Εάν κάθε μία από αυτές είναι ικανή ώστε να οδηγήσει στο κορυφαίο γεγονός τότε συνδέονται με την λογική πύλη OR. Εάν οι αιτίες όμως είναι όλες απαραίτητες για την εκδήλωση του γεγονότος που βρίσκεται στο ανώτερο επίπεδο, τότε συνδέονται με λογική πύλη AND. Στο κατώτερο επίπεδο του δέντρου τοποθετείται ένα βασικό γεγονός. Αυτό μπορεί να είναι μία αστοχία, ένα λάθος κλπ. Τα βασικά γεγονότα τοποθετούνται σε κύκλους από τους μελετητές ώστε να σηματοδοτείται ο τερματισμός της ανάλυσης των αστοχιών.

4.5 Επεξήγηση συμβολισμών δέντρων αστοχιών

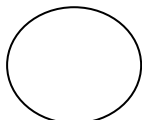
Για τον σχεδιασμό ενός δέντρου αστοχιών χρησιμοποιούνται οι εξής συμβολισμοί :



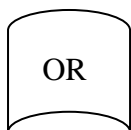
Κορυφαίο Γεγονός



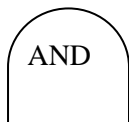
Πρωτεύον ή Δευτερεύον Γεγονός



Βασικό Γεγονός



Λογική πύλη OR



Λογική πύλη AND

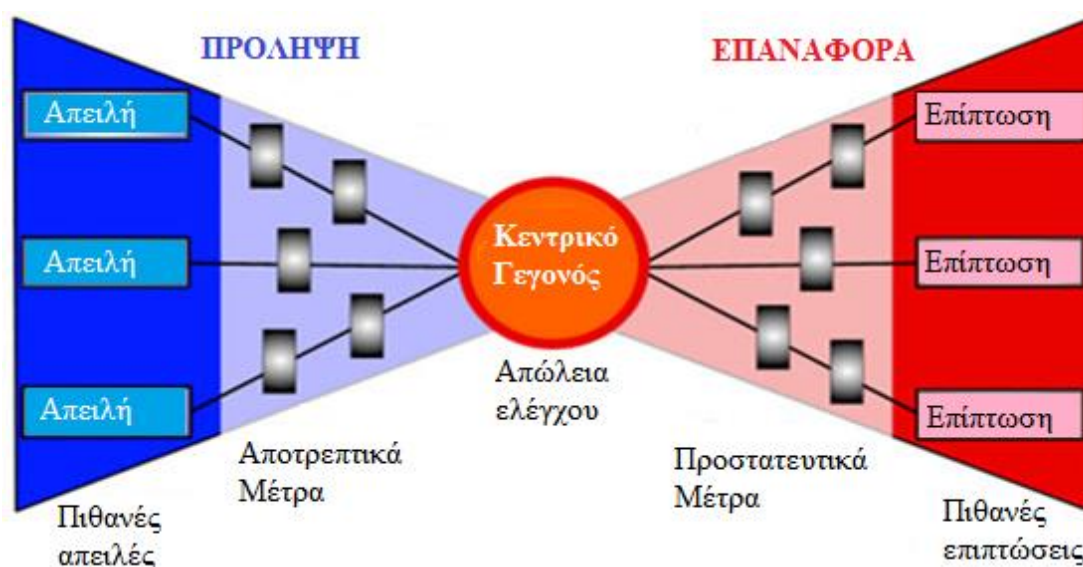
Σχήμα 5 Σχηματική αναπαράσταση γεγονότων και πυλών στα Fault trees

Διαγράμματα κινδύνων- φραγμών- ατυχημάτων

4.6 Εισαγωγή

Σοβαρό πρόβλημα στην εκτίμηση της επικινδυνότητας είναι η αναπαράσταση των ανθρώπινων λαθών και μηχανικών βλαβών τα οποία έχουν την δυναμικότητα να οδηγήσουν σε ένα ατύχημα. Αρχικά εντοπίζονται τα πιθανά λάθη και οι αστοχίες στο σύστημα παραγωγής και στην συνέχεια ο μελετητής εξετάζει τους συνδυασμούς αυτών που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα. Επίσης πρέπει να μελετηθεί η αποδοτικότητα των μέτρων ασφαλείας και των φραγμών πρόληψης όσον αφορά την πρόληψη των προβλημάτων και της προστασίας του συστήματος από ατυχήματα. Δημιουργείται έτσι η ανάγκη αναπαράστασης των λαθών, των βλαβών, των μέτρων και φραγμών ασφαλείας ώστε να εξεταστούν ποιοτικά και ποσοτικά η συνδυασμοί που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα ατύχημα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν τα διαγράμματα κινδύνων-φραγμών-ατυχημάτων γνωστά και ως bow-ties, για την ποιοτική αναπαράσταση των αστοχιών. Τα διαγράμματα bow ties (BT), σχήμα 6, επιτρέπουν την ανάλυση πιθανών συμβάντων με ακολουθίες γεγονότων στα οποία εμπεριέχονται και τα μέτρα προστασίας καθώς και τα μέτρα πρόληψης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρητική προσέγγιση ‘ασφάλειας σε βάθος’ και του ελβετικού τυριού που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η ποσοτικοποίηση των διαγραμμάτων αυτών παρέχει ένα τρόπο αξιολόγησης των μέτρων ασφαλείας και μέτρων πρόληψης οπότε μπορεί να αποτελέσει και μία βάση για την λήψη αποφάσεων έχοντας ως αντικειμενικό στόχο την μείωση των ατυχημάτων και μετριασμό των επιπτώσεων αυτών.



Σχήμα 6 Τυπική απεικόνιση ενός Bow- tie με τις απειλές, τις επιπτώσεις και τους αντίστοιχους φραγμούς

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα τα διαγράμματα τύπου bow tie μοιάζουν με ένα παπιγιόν εξού και το αντίστοιχο όνομα. Το κεντρικό γεγονός είναι

στην μέση του διαγράμματος και αποτελεί τον κόμβο του σχήματος. Στα αριστερά βρίσκονται οι 'απειλές' οι οποίες είναι αυτές που οδηγούν στο κορυφαίο γεγονός και δεξιά αναπαρίστανται οι πιθανές επιπτώσεις. Επίσης παρουσιάζονται και φραγμοί δύο τύπων. Ανάμεσα στις απειλές και το κύριο συμβάν υπάρχουν τα μέτρα προστασίας τα οποία έχουν ως σκοπό την αποτροπή εμφάνισης του κυρίου γεγονότος και από την άλλη ανάμεσα στο κύριο συμβάν και τις επιπτώσεις είναι τα προστατευτικά μέτρα τα οποία έχουν στόχο την αποφυγή περαιτέρω συνεπειών, Κοντογιάννης (2016).

4.7 Ανάπτυξη ενός διαγράμματος κινδύνων- φραγμών- ατυχημάτων

Ο σχεδιασμός της εφαρμογής αυτής της μεθόδου ξεκινά με την εύρεση ενός κινδύνου. Η αναγνώριση των κινδύνων πρέπει να εκτελείται σε συνεργασία εργαζομένων και διοικητικών ώστε να είναι σίγουρο ότι καταγράφονται όλες οι απειλές και να γίνονται πλήρως κατανοητές. Η εύρεση των κινδύνων μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Αρχικά με την χρήση των γραπτών εγχειριδίων, με συμμετοχή των εργαζόμενων- χειριστών στην γραμμή παραγωγής στην διαδικασία εύρεσης των απειλών, με χρήση ειδικών λογισμικών κλπ. Η συμμετοχή των εργαζόμενων κρίνεται απαραίτητη καθώς η εμπειρία τους είναι αυτή που θα δια φωτίσει το κομμάτι των απειλών για την διοίκηση οποιασδήποτε επιχείρησης.

Στο επόμενο βήμα ο μελετητής αναπτύσσει το μοντέλο με βάση τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν. Αριστερά τοποθετούνται οι απειλές οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στην εκδήλωση του κινδύνου. Στη συνέχεια τοποθετούνται τα εμπόδια/φραγμοί που ήδη εφαρμόζονται στο σύστημα παραγωγής καθώς επίσης και επιπλέον τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν εν ενεργεία στο μέλλον για την πρόληψη εκδήλωσης του ανεπιθύμητου γεγονότος. Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του αριστερού τμήματος του bow tie, ο μελετητής τοποθετεί στα δεξιά τις πιθανές συνέπειες που μπορεί να οδηγηθεί το σύστημα παραγωγής από την εμφάνιση του κυρίου συμβάντος. Για κάθε απειλή σχεδιάζονται το σύνολο των φραγμών τα οποία έχουν ως σκοπό την αποφυγή εκδήλωσης μίας συνέπειας και τον μετριασμό των επιπτώσεων από το κύριο συμβάν.

Το κεντρικό συμβάν απεικονίζεται μέσα σε ένα κύκλο στο κέντρο του διαγράμματος σε αποχρώσεις του κόκκινου, στο αριστερό κομμάτι του διαγράμματος σε ορθογώνια συμβολίζονται τα απειλητικά γεγονότα, ενώ στο δεξιό τμήμα οι πιθανές επιπτώσεις. Οι φραγμοί και οι ασφαλιστικές δικλείδες συμβολίζονται με μαύρα ορθογώνια τα οποία τοποθετούνται ανάμεσα στην απειλή και το κύριο συμβάν ή ανάμεσα στο συμβάν και την πιθανή επίπτωση.

Ένας φραγμός μπορεί να αποτύχει ή να εκτελεστεί μερικώς λόγω εργασιακών μεταβολών και φθορών στον εξοπλισμό. Η ύπαρξη αποτυχίας εφαρμογής ενός φραγμού μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους. Ένα συχνό σφάλμα είναι η υπέρβαση των ορίων που θέτει ο κατασκευαστής στην χρήση κάποιου εξοπλισμού, εξαρτήματος κλπ.. Ένας φραγμός μπορεί επίσης να αποτύχει εάν ο χειριστής δεν

εκτελέσει την εργασία όπως προβλέπεται. Για παράδειγμα εάν απουσιάζει από την θέση εργασίας του, ή εάν παραβιάσει κάποια όρια, κοιμηθεί κλπ. Επίσης ένας φραγμός μπορεί να μην εκτελεστεί ορθά λόγω υπερβολικής γραφειοκρατίας, έλλειψης κουλτούρας ασφάλειας ή ελλιπής επίβλεψης.

Αφού αναγνωριστούν όλοι οι κίνδυνοι μίας εργασίας και ενσωματωθούν όλοι οι φραγμοί ελέγχεται από την εταιρεία εάν αυτοί οι φραγμοί λειτουργούν ορθά και απρόσκοπτα.

Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι απεικονίζει τις απειλές, τους φραγμούς, τις επιπτώσεις καθώς επίσης και την σύνδεση μεταξύ τους οπότε γίνεται πιο εύκολη η κατανόηση όλων των παραπάνω από το προσωπικό του οργανισμού. Ακόμα, επιβάλλει την ενεργό συμμετοχή του εργατικού δυναμικού στην αναγνώριση των κινδύνων οπότε και οι ίδιοι κατανοούν καλύτερα αυτούς. Επίσης με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται το αίσθημα χρησιμότητας των εργαζομένων της επιχείρησης οπότε αυξάνεται η αποδοτικότητα τους. Με αυτόν τον τρόπο αναπαράστασης γίνεται κατανοητό σε οποιονδήποτε, ακόμα και σε ένα εξωτερικό παρατηρητή, ποιες είναι οι απειλές ώστε να συμβεί ένα κύριο συμβάν, ποιες οι πιθανές επιπτώσεις και τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την αποφυγή αυτών. Επιπλέον με αυτόν κατά τον σχεδιασμό του διαγράμματος, εφόσον απασχολείται όλο το προσωπικό, καλλιεργείται σε αυτό μία κουλτούρα ασφάλειας. Επιπροσθέτως, βελτιώνεται το σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας καθώς με την μέθοδο αυτή αυξάνεται ο όγκος των πληροφοριών όσον αφορά κάποιο ατύχημα, τους φραγμούς, τις διαδικασίες και τα καθήκοντα του προσωπικού. Ως εκ τούτου, αναπτύσσεται ένα βελτιωμένο σύστημα ελέγχου και πρόληψης ατυχημάτων.

Ενώ τα διαγράμματα BT εξετάζουν τα γεγονότα που οδηγούν σε ένα κομβικό σημείο καθώς και τα μέτρα πρόληψης και προστασίας αναλογικά με αυτό, πρέπει να τονισθεί ότι δεν παρουσιάζουν ακριβώς τις διασυνδέσεις ή τις ακολουθίες γεγονότων που οδηγούν στον κίνδυνο ώστε να είναι δυνατόν μία ποσοτική εκτίμηση.

Κεφάλαιο 5ο

Ποσοτικοποίηση και εκτίμηση επικινδυνότητας

5.1 Συστημική εκτίμηση επικινδυνότητας

Σε κάθε χώρο εργασίας υπάρχουν πολλές καταστάσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε διάφορα συμβάντα ή γεγονότα λόγω αστοχίας κάποιων μέτρων ασφαλείας ή πρόληψης. Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, κάθε κεντρικό συμβάν μπορεί να οδηγήσει σε επιπλέον συνέπειες με αποδέκτη τον άνθρωπο, το περιβάλλον, τον εξοπλισμό ή συνδυασμό αυτών. Όπως φαίνεται στα κελιά του πίνακα 5 η μερική επικινδυνότητα (R_{ij}) για κάθε συνέπεια μπορεί να διατυπωθεί ως συνάρτηση της συχνότητας έκλυσης του κινδύνου (f) της πιθανότητας εμφάνισης μίας συνέπειας (PE_{ij}) και της σοβαρότητας αυτής (C_{ij}) ως εξής:

$$R_{ij} = f * PE_{ij} * C_{ij} \text{ ή } R_{ij} = FE_{ij} * C_{ij}$$

Όπου

$i = 1 \dots n$: το είδος της επίπτωσης (πχ έκρηξη, ρύπανση κλπ)

$j = 1, 2, 3$: συνέπειες επιπτώσεων για τον άνθρωπο, το περιβάλλον και τον εξοπλισμό

f : η συχνότητα εμφάνισης επικίνδυνου γεγονότος

PE_{ij} : Πιθανότητα εμφάνισης της συνέπειας j λόγω της επίπτωσης i

FE_{ij} : Συχνότητα εμφάνισης της συνέπειας j λόγω της επίπτωσης i

C_{ij} : Σοβαρότητα συνέπειας j λόγω της επίπτωσης i

Η πιθανότητα εμφάνισης μίας επίπτωσης (PE_{ij}) είναι συνάρτηση της πιθανότητας αστοχίας των μέτρων προστασίας (PM_i) και της τρωτότητας (V_{ij}) του ανθρώπου, εξοπλισμού και περιβάλλοντος. Η τρωτότητα αναφέρεται στην σχετική πιθανότητα να υποστεί κάποιες συνέπειες ο άνθρωπος και ο εξοπλισμός δεδομένου ότι έχει προκληθεί μία συγκεκριμένη επίπτωση. Επομένως η μερική επικινδυνότητα (R_{ij}) σε κάθε κελί του πλέγματος επαναδιατυπώνεται ως εξής:

$$R_{ij} = f * PM_i * V_{ij} * C_{ij}$$

Όπου:

$i = 1 \dots n$: οι επιπτώσεις

$j = 1, 2, 3$: οι συνέπειες των επιπτώσεων για τον εξοπλισμό, τον άνθρωπο και το περιβάλλον

f : η συχνότητα εμφάνισης επικίνδυνου γεγονότος (πχ συμβάντα ανά έτος)

PM_i : Πιθανότητα αστοχία των μέτρων προστασίας που οδηγεί στην επίπτωση i

V_{ij} : Τρωτότητα του ανθρώπου, του εξοπλισμού και του περιβάλλοντος στην συγκεκριμένη επίπτωση i

C_{ij} : Σοβαρότητα συνέπειας j λόγω της επίπτωσης i

Στην παραπάνω εξίσωση γίνεται η παραδοχή ότι ο εργαζόμενος είναι πάντα εντός των ζωνών επιπτώσεων. Ωστόσο στην εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου, ο μελετητής δύναται να υπολογίσει ξεχωριστά την πιθανότητα παρουσίας του εργαζομένου στις διάφορες ζώνες επιπτώσεων.

Οι κάθετες γραμμές του πλέγματος του πίνακα 5 αντιστοιχούν στην επικινδυνότητα (R_j) για την συνέπεια j από όλες τις δυνατές επιπτώσεις και υπολογίζεται ως εξής:

$$R_j = f * \sum_{i=1}^n PM_i * V_{ij} * C_{ij}$$

$i=1 \dots n$: οι επιπτώσεις

$j=1,2,3$: οι συνέπειες των επιπτώσεων για τον εξοπλισμό, τον άνθρωπο και το περιβάλλον

Η συνολική επικινδυνότητα (R) από όλες τις επιπτώσεις για τον άνθρωπο, περιβάλλον και εξοπλισμό υπολογίζεται από τις δύο παρακάτω εξισώσεις:

$$R = \sum_{j=1}^3 R_j$$

Για $j=1,2,3$

Η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) εκφράζεται ως το γινόμενο της πιθανότητας του κινδύνου (p) και της συχνότητας εκτέλεσης της διαδικασίας (F) :

$$f = p * F$$

Ιδιαίτερη σημασία έχει ο υπολογισμός της πιθανότητας του κινδύνου (p) η οποία είναι συνάρτηση των πιθανοτήτων αστοχίας των απειλητικών γεγονότων (P_k) και της πιθανότητας αστοχίας των μέτρων πρόληψης (PP_k). Για τον ακριβή υπολογισμό της συνάρτησης αυτής, όπου οποιοδήποτε γεγονός μπορεί να προκαλέσει το κομβικό γεγονός του Bow tie, η συνάρτηση, μπορεί να εκφραστεί ως το άθροισμα των γινομένων των παραγόντων αυτών:

$$p = \sum_{k=1}^m P_k * PP_k$$

$k=1 \dots m$: απειλητικά γεγονότα αμοιβαία αποκλειόμενα

Όταν όλα τα γεγονότα είναι απαραίτητα για να συμβεί το κομβικό γεγονός, η συνάρτηση αυτή εκφράζεται ως το γινόμενο των παραγόντων αυτών:

$$p = \prod_{k=1}^m P_k * PP_k$$

k= 1...m: απειλητικά γεγονότα

Η Συστημική Εκτίμηση Επικινδυνότητας περιλαμβάνει την ανάλυση των αιτιών ή πηγών πρόκλησης των κινδύνων καθώς και των επιπτώσεων στο σύστημα ανθρώπου- μηχανής. Επειδή η εφαρμογή της απαιτεί πολλούς πόρους, οι μελετητές συνήθως υιοθετούν κάποιες παραδοχές οι οποίες αποτελούν την βάση της ανάλυσης.

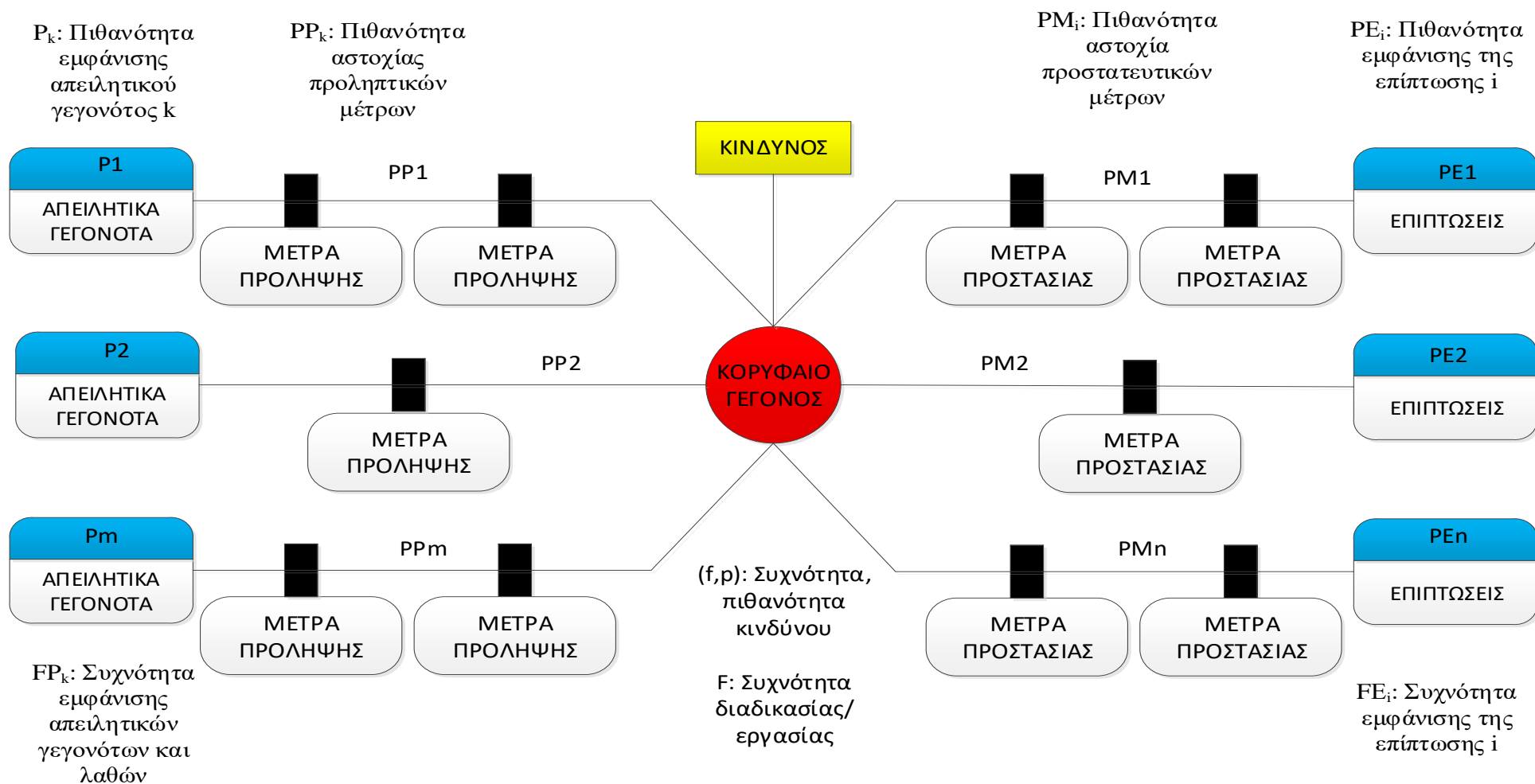
Πίνακας 5 Υπολογισμός επικινδυνότητας ανά συνέπεια

Συνέπεια για τον άνθρωπο	Συνέπεια για το περιβάλλον	Συνέπεια για τον εξοπλισμό
$R_{11}=f*PM_1*V_{11}*C_{11}$	$R_{12}=f*PM_1*V_{12}*C_{12}$	$R_{13}=f*PM_1*V_{13}*C_{13}$
$R_{21}=f*PM_2*V_{21}*C_{21}$	$R_{22}=f*PM_2*V_{22}*C_{22}$	$R_{23}=f*PM_2*V_{23}*C_{23}$
$R_{31}=f*PM_3*V_{31}*C_{31}$	$R_{32}=f*PM_3*V_{32}*C_{32}$	$R_{33}=f*PM_3*V_{33}*C_{33}$

Επικινδυνότητα για άνθρωπο (R_j)= $R_{11}+R_{21}+R_{31}$ με

C_{ij} : Σοβαρότητα συνέπειας j για την επίπτωση i

V_{ij} : Τρωτότητα συνέπειας j για την επίπτωση i



Σχήμα 7 Αντιστοιχία συχνότητας και πιθανότητας σε διάγραμμα τύπου bow tie για όλα τα αντικείμενα που το αποτελούν (Κοντογιάννης 2016)

5.2 Δισδιάστατος πίνακας επικινδυνότητας

Ο δισδιάστατος πίνακας επικινδυνότητας βασίζεται στην εκτίμηση δύο διαστάσεων που σχετίζονται με τις συχνότητες των επιπτώσεων και την σοβαρότητα αυτών. Για κάθε συνέπεια των επιπτώσεων η επικινδυνότητα (R_j) ισούται με το γινόμενο της συχνότητας εμφάνισης μίας συνέπειας (FE_j) επί την σοβαρότητα αυτής (C_j).

$$R_j = FE_j * C_j$$

Όπως αναφέρθηκε πρωτότερα επίσης ισχύει:

$$R_j = \sum_{i=1}^n FE_i * C_{ij}$$

Όπου $i=1 \dots n$ οι επιπτώσεις

Και $j=1,2,3$ συνέπειες επιπτώσεων για τον άνθρωπο, τον εξοπλισμό και το περιβάλλον.

Αν για κάθε συνέπεια j η συχνότητα εμφάνισης της συνέπειας (FE_j) αναφέρεται στην συνολική επίδραση όλων των επιπτώσεων, τότε η σοβαρότητα της συνέπειας (C_j) θα δίδεται από το σταθμισμένο άθροισμα σοβαρότητας για όλες τις επιπτώσεις:

$$FE_j = \sum_{i=1}^n FE_i \text{ και } C_j = \frac{\sum_{i=1}^n FE_i * C_{ij}}{\sum_{i=1}^n FE_i}$$

Όπου:

FE_i : η συχνότητα εμφάνισης της επίπτωσης i

FE_j : Η συχνότητα εμφάνισης της συνέπειας j εξαιτίας ενός αριθμού επιπτώσεων $i=1 \dots n$

Συνήθως η επικινδυνότητα κατατάσσεται σε τρεις κατηγορίες, την αποδεκτή, την ανεκτή και την απαράδεκτη. Ο πίνακας 6 δείχνει τις τρεις περιοχές επικινδυνότητας για πέντε διαβαθμίσεις των συχνοτήτων και επιπτώσεων. Ο αριθμός των κελιών καθορίζεται από τις κλίμακες διαβάθμισης και την πολιτική ασφάλειας της επιχείρησης. Οι δύο διαστάσεις του πίνακα είναι το εύρος της επικινδυνότητας και το είδος τις κλίμακας μέτρησης. Το εύρος μπορεί να περιλαμβάνει όσα διαστήματα χρειάζεται. Βέβαια όσο περισσότερα είναι τα διαστήματα αυτά, τόσο δυσκολότερη γίνεται η ποιοτική εκτίμηση και απαιτούνται περισσότερα δεδομένα.

Το δεύτερο ζήτημα είναι το είδος της διαβάθμισης και είναι πολύ σημαντικό καθώς επηρεάζει τη διασπορά στην συχνότητα και σοβαρότητα των επιπτώσεων. Οι λογαριθμικές κλίμακες απέχουν μία τάξη μεγέθους μεταξύ τους.

Πίνακας 6 Διασδιάστατος πίνακας επικινδυνότητας με χρωματική αναπαράσταση των αποδεκτών (πράσινων), ανεκτών (καφέ) και απαράδεκτων (κόκκινων) περιοχών

Κατηγορίες Επιπτώσεων					
Συχνότητα ανά έτος	Ασήμαντες (C1)	Σημαντικές (C2)	Πολύ Σοβαρές (C3)	Κρίσιμες (C4)	Καταστροφικές (C5)
$f \geq 10^{-1}$	C11	C21	C31	C41	C51
$10^{-2} < f < 10^{-1}$	C12	C22	C32	C42	C52
$10^{-3} < f < 10^{-2}$	C13	C23	C33	C43	C53
$10^{-4} < f < 10^{-3}$	C14	C24	C34	C44	C54
$f < 10^{-4}$	C15	C25	C35	C45	C55

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τρεις περιοχές κινδύνου. Με πράσινο είναι η αποδεκτή περιοχή κινδύνου. Αυτή η περιοχή έχει τους χαμηλότερους δείκτες. Στην συνέχεια με καφέ είναι η ανεκτή περιοχή κινδύνου όπου ο επικινδυνότητα είναι σαφώς αυξημένη σε σύγκριση με την πράσινη περιοχή αλλά και πάλι βρίσκεται εντός ορίων για την επιχείρηση και είναι σε αποδεκτά όρια. Με κόκκινο είναι η μη αποδεκτή περιοχή επικινδυνότητας.

5.3 Δείκτης επικινδυνότητας για ανθρώπινες εργασίες

Η εκτίμηση επικινδυνότητας είναι μία απαιτητική διαδικασία, ιδιαίτερα σε σύνθετα συστήματα που περιλαμβάνουν μεγάλες ομάδες εργασιών. Στις περιπτώσεις αυτές είναι δυνατόν να γίνει μία προκαταρκτική εκτίμηση της επικινδυνότητας με τη χρήση κατάλληλων δεικτών ώστε να δοθούν προτεραιότητες στις εργασίες εκείνες που εκτιμώνται ως κρισιμότερες. Επί της ουσίας η αρχική εκτίμηση αποτελεί ένα φιλτράρισμα όλων των εργασιών ώστε να προσδιοριστούν οι κρίσιμες εργασίες οι οποίες ενέχουν την ανάγκη μιας πιο εμπεριστατωμένης ανάλυσης. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, για κάθε συνέπεια j εξαιτίας της επίπτωσης i η μερική επικινδυνότητα R_{ij} ορίζεται ως εξής:

$$R_{ij} = f * PM_i * V_{ij} * C_{ij}$$

Όπου:

$i = 1 \dots n$: οι επιπτώσεις

j= 1,2,3: οι συνέπειες των επιπτώσεων για τον εξοπλισμό, τον άνθρωπο και το περιβάλλον

Για τον υπολογισμό ενός δείκτη επικινδυνότητας απαιτείται η χρήση κλιμάκων διαβάθμισης για τις τέσσερις μεταβλητές τις παραπάνω εξίσωσης. Στην περίπτωση απειλητικών γεγονότων που προκαλούνται από ανθρώπινα λάθη, ο υπολογισμός της συχνότητας ενός απειλητικού γεγονότος (FP_k) είναι συνάρτηση της συχνότητας εκτέλεσης μίας εργασίας (F) και της συνδυαστικής πιθανότητας εμφάνισης κάποιων ανθρώπινων λαθών (P_k):

$$FP_k = F * P_k$$

Κάποια μέτρα πρόληψης (πχ γραπτές οδηγίες, πίνακες ελέγχου) ενδέχεται να έχουν συμπεριληφθεί στον υπολογισμό της πιθανότητας ανθρώπινων λαθών που οδηγούν στο απειλητικό γεγονός k. Ως εκ τούτου, μόνον τα νέα μέτρα πρόληψης θα πρέπει να εξεταστούν στον υπολογισμό πιθανότητας αστοχίας (PP_k).

Η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης (PP_k) και των μέτρων προστασίας (PM_i) υπολογίζεται σε δύο κλίμακες:

- Από 0.001 έως 1 εάν δεν υπάρχουν σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των μέτρων
- Από 0.01 έως 1 εάν υπάρχουν σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των μέτρων.

Επίσης η τρωτότητα (V_{ij}) του ανθρώπου, περιβάλλοντος και εξοπλισμού μπορεί να γίνει με συντηρητικό τρόπο στην κλίμακα (0.01-1). Ένας ακριβέστερος υπολογισμός των πιθανοτήτων μπορεί να επακολουθήσει μετά την προκαταρκτική αξιολόγηση όλων των επιπτώσεων. Αυτό συνήθως γίνεται με την χρήση δέντρων αστοχιών και γεγονότων.

Στον παρακάτω πίνακα 7 παρουσιάζεται η διαβάθμιση συχνότητας των διαδικασιών F. Θεωρείται ότι κάθε χρόνος αποτελείται από 2000 ώρες εργασίας.

Πίνακας 7 Διαβάθμιση συχνότητας μίας διαδικασίας

Τιμή	Διαβάθμιση Συχνότητας F
500	Συχνότατα, (Περισσότερες από μία φορές την ημέρα)
250	Πολύ συχνά (Περίπου μία φορά την ημέρα)
50	Συχνά (1 φορά την εβδομάδα)
12.5	Ευκαιριακά (περίπου μία φορά τον μήνα)
2	Ασυνήθιστα (περισσότερο από μία φορά τον χρόνο)
1	Σπάνια (μία φορά τον χρόνο)
0.05	Πολύ σπάνια μερικές φορές ανά εικοσαετία

Ο δείκτης σοβαρότητας των επιπτώσεων απαιτεί σύνθετους υπολογισμούς λόγω των διαφορετικών κριτηρίων που δύναται να χρησιμοποιηθούν. Για παράδειγμα η σοβαρότητα του τραυματισμού, ή το κόστος απουσίας του εργαζόμενου από την εργασία, το κόστος επισκευής του εξοπλισμού. Μέθοδοι πολυκριτήριας ανάλυσης προσφέρουν ικανοποιητικές εκτιμήσεις για τον δείκτη των επιπτώσεων. Ο παρακάτω πίνακας 8 παρουσιάζει μία ενδεικτική διαβάθμιση του δείκτη σοβαρότητας συνεπειών. Αξίζει να σημειωθεί ότι κίνδυνοι με καταστρεπτικές συνέπειες και μοιραία συμβάντα μπορούν να τριπλασιάσουν τον δείκτη αυτό. Για τις διαβαθμίσεις επικινδυνότητας δεν έχουν θεσπιστεί κάποια πρότυπα οπότε και κάθε επιχείρηση προσαρμόζεται ανάλογα με τις παραγωγικές της διαδικασίες. Οι μελετητές πρέπει να εξετάζουν προσεκτικά τις κατάλληλες διαβαθμίσεις ώστε να ταιριάζουν στον τύπο δραστηριοτήτων και στις τεχνικές μέτρησης των μεταβλητών που επηρεάζουν τον δείκτη επικινδυνότητας. Ωστόσο εάν η συχνότητα έκλυσης κινδύνων είναι πολύ υψηλή, τότε θα πρέπει να γίνει εκτενέστερη εκτίμηση με χρήση δέντρων αστοχιών και δέντρων γεγονότων. Στην πολιτική αεροπορία που αποτελεί κύριο κομμάτι της μελέτης της εργασίας αυτής, οι δείκτες επικινδυνότητας είναι πάρα πολύ χαμηλή καθώς ένα γεγονός συμβαίνει συνήθως στην κλίμακα του πάρα πολύ σπάνια.

Πίνακας 8 Δείκτης σοβαρότητας ανάλογα με την επίπτωση

Τιμή	Δείκτης σοβαρότητας επιπτώσεων
>2000	Κρίσιμος κίνδυνος (πολλά μοιραία συμβάντα, μεγάλες υλικές ζημιές, πρόβλημα στην παραγωγή)
800-2000	Πολύ σοβαρός κίνδυνος (μοιραίο συμβάν, πολλαπλοί τραυματισμοί)
400-800	Σοβαρός κίνδυνος (σοβαρός τραυματισμός, πολλές υλικές ζημιές)
200-400	Αξιοσημείωτος κίνδυνος (ελαφρύς τραυματισμός, αρκετές ζημιές)
<200	Μικρός κίνδυνος (μικροί τραυματισμοί που δεν προκαλούν απουσίες)

Παρακάτω ακολουθεί ένα παράδειγμα σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες. Έχουμε ως δεδομένο από την ΥΠΑ (Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας) ότι κατά τον ανεφοδιασμό των αεροσκαφών στο αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης γίνονται τρεις διαρροές καυσίμου ανά δεκαετία. Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα 1 $f=0.3$. Όσες φορές έχει διαρρεύσει καύσιμο στο συγκεκριμένο αεροδρόμιο κατά τον ανεφοδιασμό, καμία φορά δεν έχει αναφλεγεί. Οπότε η πιθανότητα να αναφλεγεί είναι πολύ χαμηλή $PM1=0.05$ ενώ η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι πάρα πολύ πιθανή $PM2=0.4$ και ο τραυματισμός είναι πιθανός αλλά με σαφώς μικρότερη πιθανότητα $PM3=0.2$. Εφόσον οι επιπτώσεις είναι σοβαρές σύμφωνα με τον πίνακα 2 $C1=C2=C3=800$ και έχουμε και υψηλή τρωτότητα $V1=V2=V3=0.5$. Έτσι ο δείκτης επικινδυνότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$R = f(PM1 * V1 * C1 + PM2 * V2 * C2 + PM3 * V3 * C3)$$

$$R = 0.3(0.05 * 0.5 * 800 + 0.4 * 0.5 * 800 + 0.2 * 0.5 * 800) = 78$$

Πίνακας 9 Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας και προτεινόμενες διορθωτικές κινήσεις ανάλογα με την τιμή του

Επικινδυνότητα R	Περιγραφή επικινδυνότητας	Διορθωτικές ενέργειες
500<R<1000	Κρίσιμη: Υπάρχει πιθανότητα απώλειας ζωής και καταστροφικών κινδύνων στον υπολογισμό	Απαιτούνται επείγουσες ενέργειες ελαχιστοποίησης του κινδύνου
200<R<500	Υψηλή: Υπάρχει πιθανότητα πολλών τραυματισμών και προβλημάτων παραγωγής	Απαιτούνται άμεσες ενέργειες εξάλειψης του κινδύνου και άμεση λήψη μέτρων
80<R<200	Μέτρια: Υπάρχει η πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρού ανεπιθύμητου συμβάντος	Λήψη μέτρων για την μείωση του κινδύνου και μακροπρόθεσμη εξάλειψή του
40<R<80	Χαμηλή: Η επικινδυνότητα είναι ελεγχόμενη χωρίς να αποκλείεται η εκδήλωση συμβάντος	Παρακολούθηση του κινδύνου και ενέργειες για μείωσή του
R<40	Αμελητέα: Η επικινδυνότητα είναι ασήμαντη και ενδέχεται να μην αυξηθεί στο μέλλον	Παρακολούθηση του κινδύνου χωρίς ενέργειες βελτίωσης

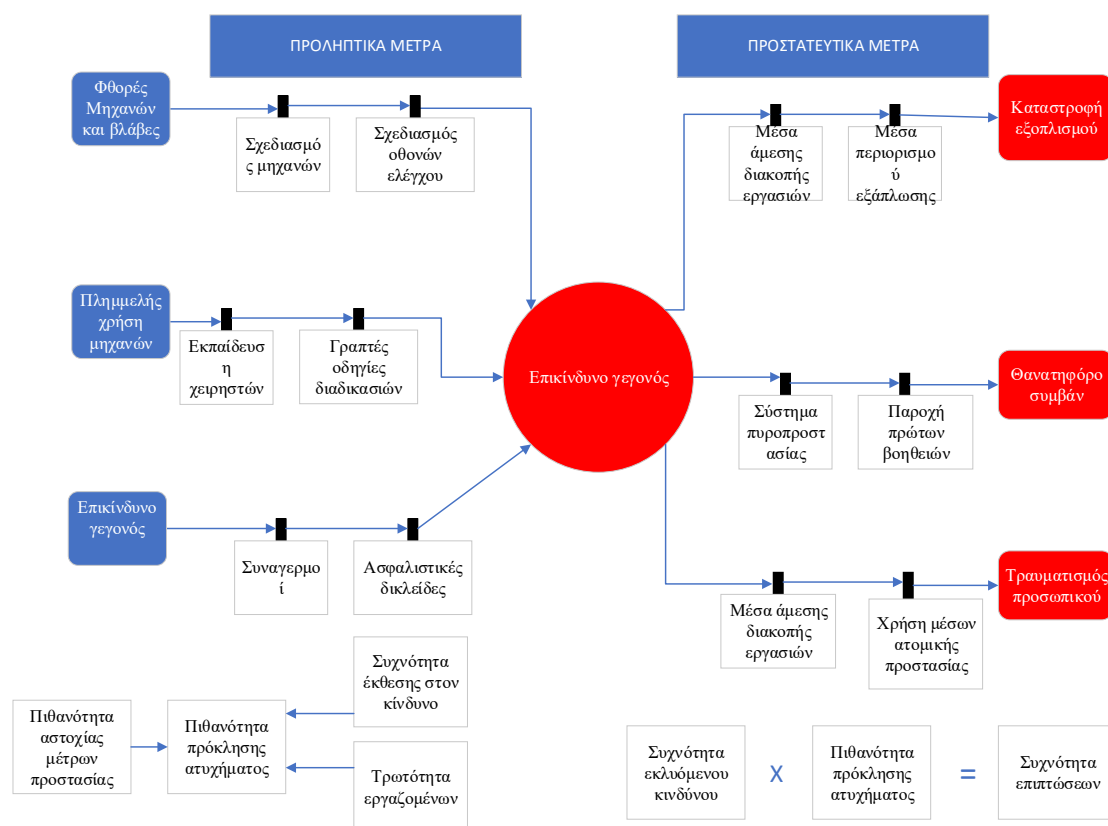
Έχοντας τον πίνακα 9 όπου παρουσιάζονται οι διαβαθμίσεις μέτρου επικινδυνότητας καταλήγουμε ότι η επικινδυνότητα είναι χαμηλή. Η επικινδυνότητα είναι ελεγχόμενη χωρίς να αποκλείεται η εκδήλωσης συμβάντος.

5.4 Αναγνώριση και αξιολόγηση κινδύνων με χρήση διαγραμμάτων κινδύνων- φραγμών- ατυχημάτων

Υπάρχουν πολλά εγχειρίδια για την υγιεινή και ασφάλεια στα οποία περιγράφονται αναλυτικά οι πηγές κινδύνου, οι επιπτώσεις αυτών στην επαγγελματική υγιεινή καθώς και τα μέτρα πρόληψης και προστασίας που μπορεί να λάβει η επιχείρηση. Ωστόσο πρέπει να γίνει μία κατανόηση του τρόπου με τον οποίο συνδυάζεται η δράση των απειλών, των μέτρων πρόληψης και προστασίας των επιπτώσεων κλπ. Αυτό μπορεί αν εκτελεστεί με την χρήση bow ties.

Οι κίνδυνοι στους χώρους εργασίας χαρακτηρίζονται από διάφορα απειλητικά χαρακτηριστικά, συχνότητα εμφάνισης κινδύνου, μέτρα πρόληψης και προστασίας, διαφορετικές επιπτώσεις κλπ. Σε κάθε εργασία υπάρχουν διάφορες απειλές οι οποίες μπορούν να επιφέρουν μία επίπτωση. Για κάθε απειλή υπάρχει ένα σύνολο από προληπτικά μέτρα ώστε να διασφαλιστεί η λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας.

Εάν γίνει η εκδήλωση ενός επικίνδυνου γεγονότος τότε διάφορα προστατευτικά μέτρα έχουν προταθεί ώστε να αποσοβηθούν περαιτέρω επιπτώσεις και να επανέλθει το σύστημα στην πρότερη κατάσταση το συντομότερο δυνατό.



Σχήμα 8 Απεικόνιση των μεταβλητών επικινδυνότητας σε διάγραμμα bow tie

Στο σχήμα 8 φαίνεται ότι η πιθανότητα να εκδηλωθεί ένα συμβάν είναι μία συνάρτηση πιθανότητας εμφάνισης απειλών, παρεμπόδισης αυτών και διαφόρων μέτρων πρόληψης. Αντίστοιχα, στην περίπτωση που το κύριο γεγονός συμβεί, τότε η πιθανότητα να εμφανιστεί μία επίπτωση είναι ανάλογη της πιθανότητας μετριασμού και της δυνατότητας παρεμπόδισης από τα μέτρα προστασίας.

5.5 Τα μέτρα προστασίας- πρόληψης/ φραγμοί

Τα μέτρα πρόληψης επιτελούν ένα προληπτικό ρόλο μειώνοντας την πιθανότητα να εμφανιστεί μία απειλή, είτε αυξάνοντας την πιθανότητα παρεμπόδισης των απειλών να συνδυασθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να προκαλέσουν ένα επικίνδυνο συμβάν. Επίσης μπορούν να χρησιμεύσουν ως μέτρα προστασίας έναντι των κινδύνων που έχουν προκληθεί μειώνοντας την ένταση των επιπτώσεων και ανακόπτοντας την πιθανότητα πρόκλησης ενός ακόμα ατυχήματος.

Τα μέτρα πρόληψης ή φραγμοί χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες.

- Τα τεχνικά μέτρα
- Τα εργασιακά μέτρα

Τα τεχνικά μέτρα είναι οι φραγμοί τεχνικής φύσης που έχουν την δυνατότητα να εμποδίσουν την πραγματοποίηση ενός ατυχήματος, να μειώσουν το μέγεθος των απειλών καθώς επίσης και να προφυλάξουν το έμψυχο και άψυχο δυναμικό της εταιρείας από πιθανούς κινδύνους. Τέτοιου είδους φραγμοί είναι τα καλύμματα στα κινούμενα μέρη μιας μηχανής, οι διακόπτες λειτουργίας κλπ. Σε περίπτωση που ένας φραγμός αποτύχει, τότε η απειλή μπορεί να εμποδιστεί από τους επόμενους φραγμούς ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος. Τα τεχνητά μέτρα χωρίζονται σε ενεργητικά και παθητικά.

Ενεργητικά μέτρα είναι αυτά που ενεργοποιούνται μόνο όταν ανιχνευθεί μία απειλή (πχ η διακοπή λειτουργίας μίας μηχανής αυτόματα λόγω υψηλών θερμοκρασιών)

Τεχνικά παθητικά μέτρα είναι αυτά που βρίσκονται παρόντα σε λανθάνουσα κατάσταση και παρέχουν συνεχή προστασία σε προσωπικό και εξοπλισμό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου φραγμού είναι τα ατομικά είδη προστασίας κράνος, ωτοασπίδες κλπ.

Εργασιακά μέτρα είναι οι φραγμοί που αναφέρονται στο σύστημα παραγωγής (πχ εκπαίδευση, επόπτευση κ.λπ.) τα οποία μπορούν να μειώσουν την πιθανότητα εμφάνισης απειλών ή να παρεμποδίσουν οι εκδηλωμένες απειλές να οδηγήσουν σε ένα κίνδυνο. Οι κατηγορίες των εργασιακών μέτρων είναι δύο:

- Παρεμβατικά εργασιακά μέτρα
- Υποστηρικτικά εργασιακά μέτρα.

Τα παρεμβατικά εργασιακά μέτρα είναι αυτά που παρεμβαίνουν ώστε να παρεμποδίσουν τις απειλές από το να συνδυαστούν με κάποια κατάσταση και να οδηγήσουν σε ένα κίνδυνο. Αυτά τα μέτρα περιλαμβάνουν την εκπαίδευση, την εμπειρία του προσωπικού καθώς επίσης και την επικοινωνία μεταξύ του προσωπικού.

Τα υποστηρικτικά εργασιακά μέτρα συνεισφέρουν στη παρεμπόδιση της εμφάνισης των απειλών, παρέχοντας επίσημους τρόπους υποβοήθησης των εργαζομένων. Τέτοια είναι τα εγχειρίδια εργασιών (checklists), όλες οι οδηγίες ασφαλείας, οδηγίες επιθεωρήσεων κλπ.

Υπάρχουν και τα οργανωτικά μέτρα πρόληψης τα οποία αποτελούν φραγμούς που παίζουν έναν δευτερεύοντα, υποστηρικτικό ρόλο στην πρόληψη των κινδύνων. Οι οργανωτικοί φραγμοί δεν έχουν άμεση επαφή με το προσωπικό και τον εξοπλισμό της εταιρείας. Αυτός είναι και ο λόγος που θεωρητικά έχουν μικρότερη απόδοση από τα προαναφερθέντα μέτρα πρόληψης. Τέτοια μέτρα είναι η πολιτική ασφαλείας της εταιρείας, ο σχεδιασμός της εκπαίδευσης του προσωπικού, σχεδιασμός τοποθέτησης και χρήσης του εξοπλισμού κλπ.

Οι φραγμοί αξιολογούνται ως προς δύο παράγοντες. Αρχικά ως προς την αποδοτικότητα τους όπου μετράτε ο βαθμός κατά τον οποίο το κάθε μέτρο μειώνει την εμφάνιση μίας απειλής ή ενός κινδύνου. Επίσης αξιολογούνται ως προς την πολυπλοκότητά τους, ένας παράγοντας ο οποίος αναφέρεται στον βαθμό δυσκολίας χρήσης και συντήρησης του φραγμού. Η αξιολόγηση των φραγμών είναι πάρα πολύ σημαντική καθώς διευκολύνει τον μελετητή να εκτιμήσει τον βαθμό κατά τον οποίο ένα μέτρο θα μειώσει την πιθανότητα εμφάνισης μίας απειλής ή ενός κινδύνου. Επιπλέον κάθε φραγμός πρέπει να είναι αποτελεσματικός και όσο το δυνατόν λιγότερο πολύπλοκος. Εάν κάποιος φραγμός υστερεί σε ένα από τα δύο τότε ο μελετητής οδηγείται στον επανασχεδιασμό του συστήματος φραγμών ώστε να επιτύχει καλύτερο αποτέλεσμα.

Τα διαγράμματα τύπου bow tie αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην εκτίμηση επικινδυνότητας καθώς με αυτά παρουσιάζονται γραφικά οι απειλές, οι επιπτώσεις, οι φραγμοί και πως συνδέονται αυτά. Η αξιολόγηση των φραγμών ασφαλείας αλλά και των απειλών τους οποίους παρεμποδίζουν αυτοί, βοηθούν στην εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης μίας επίπτωσης. Έτσι συμπεραίνουμε ότι η πιθανότητα εμφάνισης κινδύνου μπορεί να εκτιμηθεί υπολογίζοντας την πολυπλοκότητα και την αποτελεσματικότητα των φραγμών. Επομένως κάθε απειλή μπορεί να μελετηθεί με χρήση διαγραμμάτων bow tie στα οποία περιγράφονται οι απειλές, οι πιθανές επιπτώσεις, ένα κεντρικό συμβάν και τα μέτρα προστασίας και πρόληψης που επηρεάζουν αυτό. Υπολογίζοντας λοιπόν την αποτελεσματικότητα και την πολυπλοκότητα των φραγμών μπορεί να παραχθεί γρήγορα και σχετικά εύκολα μία εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης ενός συγκεκριμένου κινδύνου.

Κεφάλαιο 6ο

Συνδυαστική Εφαρμογή Μεθόδων

6.1 Εισαγωγή

Αρχικά για να υπολογιστούν οι πιθανότητες εμφάνισης ενός ατυχήματος στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών ως συνέπεια ενός γεγονότος που ήδη έχει λάβει χώρα στον συγκεκριμένο χώρο πρέπει να καθοριστούν όλες οι πιθανές συνέπειες καθώς επίσης και τα μέτρα καταστολής αυτών. Στην συνέχεια αυτά πρέπει να τοποθετηθούν πάνω σε ένα bow tie και από εκεί σε συνδυασμό με πληροφορίες οι οποίες αποκτήθηκαν από την ΥΠΑ και τη Fraport να εκτελεστεί το μαθηματικό μοντέλο και να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Αρχικά θα σχεδιαστεί και θα αναλυθεί ένα bow tie το οποίο αφορά την εμφάνιση ενός έμψυχου οργανισμού ή ενός υλικού στον χώρο που είναι προσδιορισμένος για απογείωση και προσγείωση. Στην συνέχεια θα σχεδιαστούν και θα αναλυθούν χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία άλλες δύο καταστάσεις οι οποίες αποτελούν κάποιες από τις πιο συχνές στον χώρο εξυπηρέτησης των αεροσκαφών.

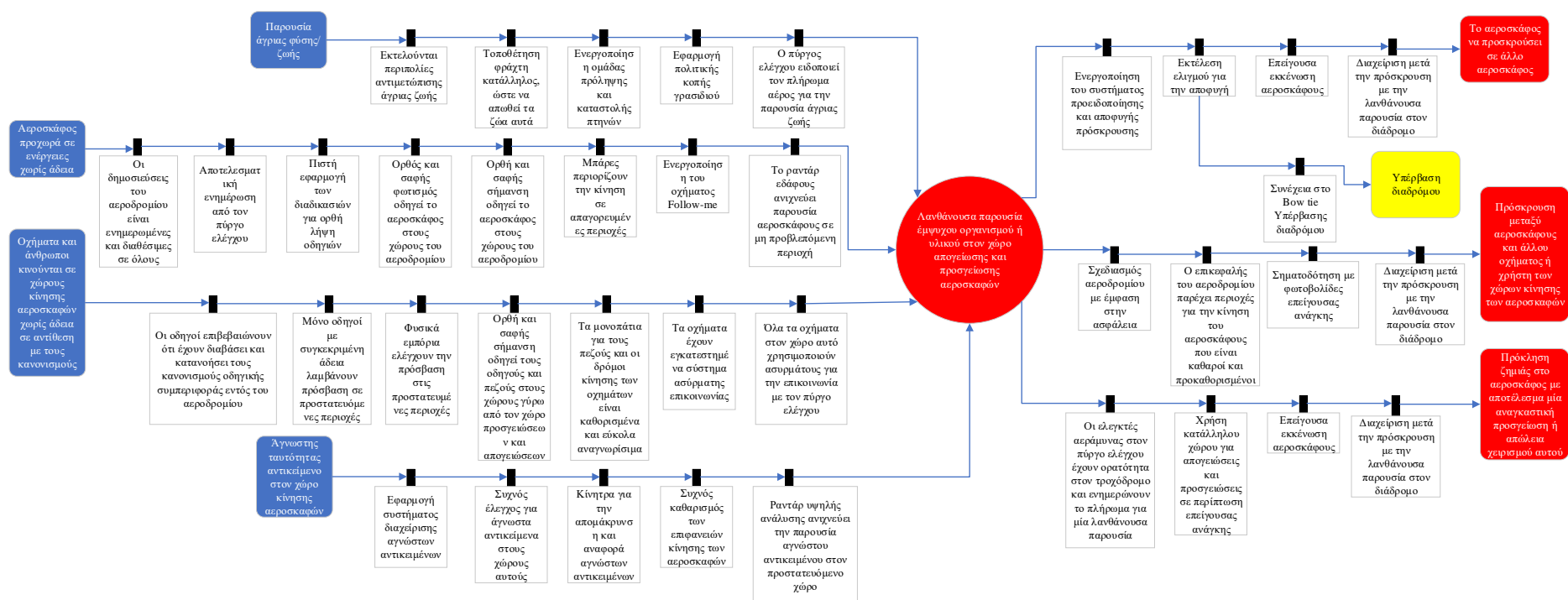
Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, στο μέσο του διαγράμματος παρουσιάζεται το κεντρικό γεγονός. Αριστερά του διαγράμματος καταγράφονται οι απειλές οι οποίες έχουν την δυνατότητα να οδηγήσουν στην λανθάνουσα κατάσταση καθώς επίσης και τα μέτρα πρόληψης εμφάνισης αυτού. Δεξιά του κεντρικού γεγονότος καταγράφονται όλα τα μέτρα αντιμετώπισης της παρούσας κατάστασης και πρόληψης ώστε να μην οδηγηθεί το σύστημα σε μία πιθανή επίπτωση. Οι πιθανές επιπτώσεις βρίσκονται στο δεξιό άκρο του διαγράμματος.

6.2 Λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων

Τα δεδομένα για το σχεδιασμό του διαγράμματος του σχήματος 9 λήφθηκαν από την MAA (Military Aviation Authority). Ο οργανισμός αυτός λειτουργεί εντός του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας της Βρετανίας και είναι ο μοναδικός φορέας που είναι υπεύθυνος για την ρύθμιση όλων των παραμέτρων που αφορούν την ασφάλεια πτήσεων. Λειτουργεί αυτόνομα και ως συντονιστής για όλες τις πτήσεις που εκτελούνται από και προς την Βρετανία είτε αυτές είναι πολιτικές είτε πολεμικές. Θεσπίστηκε και λειτουργεί από την 1^η Απριλίου του 2010. Στην συνέχεια σε αυτό το διάγραμμα εφαρμόστηκε η μεθοδολογία σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που ισχύουν για το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης.

Στα αριστερά του Διαγράμματος παρουσιάζονται οι πιθανές αιτίες που μπορούν να οδηγήσουν στο συγκεκριμένο συμβάν, δηλαδή στην παρουσία ενός έμψυχου οργανισμού ή ενός αντικειμένου σε χώρο που δεν θα έπρεπε και συγκεκριμένα στην

περιοχή απογείωσης και προσγείωσης των αεροσκαφών. Ανάμεσα σε κάθε αιτία και το κεντρικό συμβάν παρουσιάζονται και όλοι οι φραγμοί που στόχο έχουν την πρόληψη, ώστε να μην συμβεί το κεντρικό γεγονός.



Σχήμα 9 Διαγραμματική αναπαράσταση bow tie για λανθάνουσα παρουσία έμψυχου ή άψυχου υλικού στον χώρο απογείωσης και προσγείωσης αεροσκαφών ενός αεροδρομίου

6.2.1 Μέτρα πρόληψης και πιθανές επιπτώσεις

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε απειλή προκειμένου να αποφευχθεί το κεντρικό γεγονός, εφαρμόζονται οι παρακάτω φραγμοί:

1. Για την απειλή «Παρουσία άγριας φύσης/ ζώης»,
 - a. Εκτελούνται περιπολίες αντιμετώπισης άγριας ζώης
 - b. Τοποθέτηση φράχτη, κατάλληλος ώστε να απωθεί τα ζώα αυτά
 - c. Ενεργοποίηση ομάδας πρόληψης και καταστολής πτηνών
 - d. Εφαρμογή πολιτικής κοπής γρασιδιού
 - e. Ο πύργος ελέγχου ειδοποιεί τον πλήρωμα αέρος για την παρουσία άγριας ζώης
2. Για την απειλή «Αεροσκάφος προχωρά σε ενέργειες χωρίς άδεια»
 - a. Οι δημοσιεύσεις του αεροδρομίου είναι ενημερωμένες και διαθέσιμες σε όλους
 - b. Αποτελεσματική ενημέρωση από τον πύργο ελέγχου
 - c. Πιστή εφαρμογή των διαδικασιών για ορθή λήψη οδηγιών
 - d. Ορθός και σαφής φωτισμός οδηγεί το αεροσκάφος στους χώρους του αεροδρομίου
 - e. Ορθή και σαφής σήμανση οδηγεί το αεροσκάφος στους χώρους του αεροδρομίου
 - f. Μπάρες περιορίζουν την κίνηση σε απαγορευμένες περιοχές
 - g. Ενεργοποίηση του οχήματος Follow-me
 - h. Το ραντάρ εδάφους ανιχνεύει παρουσία αεροσκάφους σε μη προβλεπόμενη περιοχή
3. Για την απειλή «Οχήματα και άνθρωποι κινούνται σε χώρους κίνησης αεροσκαφών χωρίς άδεια σε αντίθεση με τους κανονισμούς»
 - a. Οι οδηγοί επιβεβαιώνουν ότι έχουν διαβάσει και κατανοήσει τους κανονισμούς οδηγικής συμπεριφοράς εντός του αεροδρομίου
 - b. Μόνο οδηγοί με συγκεκριμένη άδεια λαμβάνουν πρόσβαση σε προστατευόμενες περιοχές
 - c. Φυσικά εμπόδια ελέγχουν την πρόσβαση στις προστατευόμενες περιοχές
 - d. Ορθή και σαφής σήμανση οδηγεί τους οδηγούς και πεζούς στους χώρους γύρω από τον χώρο προσγειώσεων και απογειώσεων
 - e. Τα μονοπάτια για τους πεζούς και οι δρόμοι κίνησης των οχημάτων είναι καθορισμένα και εύκολα αναγνωρίσιμα
 - f. Τα οχήματα έχουν εγκατεστημένα σύστημα ασύρματης επικοινωνίας
 - g. Όλα τα οχήματα στον χώρο αυτό χρησιμοποιούν ασυρμάτους για την επικοινωνία με τον πύργο ελέγχου
4. Για την απειλή «Άγνωστης ταυτότητας αντικείμενο στον χώρο κίνησης αεροσκαφών»
 - a. Εφαρμογή συστήματος διαχείρισης αγνώστων αντικειμένων
 - b. Συχνός έλεγχος για αγνώστα αντικείμενα στους χώρους αυτούς
 - c. Κίνητρα για την απομάκρυνση και αναφορά αγνώστων αντικειμένων
 - d. Συχνός καθαρισμός των επιφανειών κίνησης των αεροσκαφών

- e. Ραντάρ υψηλής ανάλυσης ανιχνεύει την παρουσία αγνώστου αντικειμένου στον προστατευόμενο χώρο

Εάν παρόλα αυτά οι φραγμοί αυτοί δεν λειτουργήσουν όπως πρέπει και βρεθεί στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων ένα έμψυχο ων ή ένα υλικό το οποίο αποτελεί και το κεντρικό γεγονός στο παραπάνω διάγραμμα, τότε προκειμένου να αποφευχθούν οι επιπλέον συνέπειες εφαρμόζονται κάποια μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης της παρούσας κατάστασης.

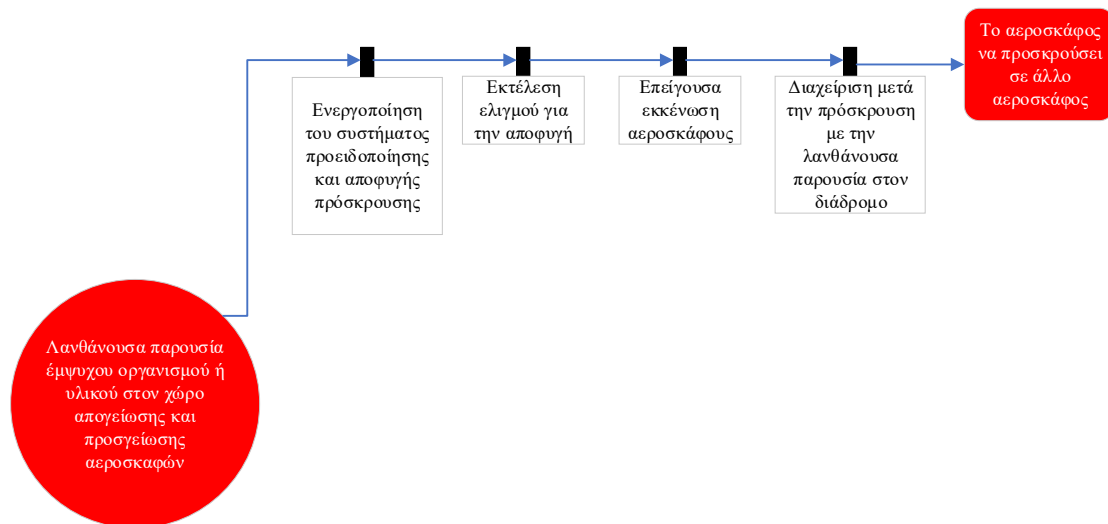
Οι πιθανές απειλές παρουσιάζονται με κόκκινο ορθογώνιο στην δεξιά άκρη του διαγράμματος. Για κάθε απειλή εφαρμόζεται ένα πλήθος από φραγμούς για την αποφυγή περαιτέρω συνεπειών που προέρχονται από κεντρικό γεγονός. Πιο συγκεκριμένα:

1. Για την πιθανή επίπτωση «Το αεροσκάφος να προσκρούσει σε άλλο αεροσκάφος» εφαρμόζονται οι εξής φραγμοί:
 - a. Ενεργοποίηση του συστήματος προειδοποίησης και αποφυγής πρόσκρουσης
 - b. Εκτέλεση ελιγμού για την αποφυγή
 - c. Επείγουσα εκκένωση αεροσκάφους
 - d. Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων αεροσκαφών
2. Για την πιθανή επίπτωση «Πρόσκρουση μεταξύ αεροσκάφους και άλλου οχήματος ή χρήστη των χώρων κίνησης των αεροσκαφών» εφαρμόζονται οι εξής φραγμοί:
 - a. Σχεδιασμός αεροδρομίου με έμφαση στην ασφάλεια
 - b. Ο επικεφαλής του αεροδρομίου παρέχει περιοχές για την κίνηση του αεροσκάφους που είναι καθαροί και προκαθορισμένοι
 - c. Σηματοδότηση με φωτοβολίδες επείγουσας ανάγκης
 - d. Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων αεροσκαφών
3. Για την πιθανή επίπτωση «Πρόκληση ζημιάς στο αεροσκάφος με αποτέλεσμα μία αναγκαστική προσγείωση ή απώλεια χειρισμού αυτού» εφαρμόζονται οι εξής φραγμοί:
 - a. Οι ελεγκτές αεράμυνας στον πύργο ελέγχου έχουν ορατότητα στον τροχόδρομο και ενημερώνουν το πλήρωμα για μία λανθάνουσα παρουσία
 - b. Χρήση κατάλληλου χώρου για απογειώσεις και προσγειώσεις σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης
 - c. Επείγουσα εκκένωση αεροσκάφους
 - d. Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων αεροσκαφών

Επίσης υπάρχει και ένα κίτρινο ορθογώνιο το οποίο παραπέμπει στην συνέχεια του bow tie για την διερεύνηση της περίπτωσης που το αεροσκάφος υπερβεί τα όρια του διαδρόμου.

6.2.2 Υπολογισμός πιθανότητας εμφάνισης μίας επίπτωσης

Για τον υπολογισμό της πιθανότητας το κεντρικό γεγονός να οδηγήσει σε μία επίπτωση, χρησιμοποιείται το δεξί μέρος του διαγράμματος bow tie. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται η πιθανότητα όλοι οι φραγμοί ανά επίπτωση να αποτύχουν στον ρόλο για τον οποίο έχουν τοποθετηθεί και να οδηγηθεί το σύστημα σε μία επίπτωση. Έτσι για τον υπολογισμό της πιθανότητας, να οδηγηθεί το αεροσκάφος σε πρόσκρουση με άλλο αεροσκάφος λόγω λανθάνουσας παρουσίας έμψυχου οργανισμού ή υλικού αναλύεται στο σχήμα 10 και το παρακάτω κομμάτι του bow tie:



Σχήμα 10 Διάγραμμα αναπαράστασης επίπτωσης "Σύγκρουση αεροσκαφών λόγω λανθάνουσας παρουσίας στον χώρο απογείωσης και προσγείωσης αεροσκαφών"

Για να υπολογιστεί η πιθανότητα το κεντρικό γεγονός να οδηγήσει σε μία επίπτωση πρέπει να αποτύχουν τα μέτρα πρόληψης και οι φραγμοί που έχουν τοποθετηθεί για την αποτροπή αυτού. Έτσι για να υπολογιστεί η πιθανότητα το αεροσκάφος να προσκρούσει σε ένα άλλο αεροσκάφος λόγω της λανθάνουσας παρουσίας στο μη προβλεπόμενο χώρο υπολογίζεται η πιθανότητα να αποτύχουν τα παρακάτω μέτρα:

- Ενεργοποίηση του συστήματος προειδοποίησης και αποφυγής πρόσκρουσης
- Εκτέλεση ελιγμού για την αποφυγή
- Επείγουσα εκκένωση αεροσκαφούς
- Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογείωσης και προσγείωσης αεροσκαφών

Σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, προκειμένου να εκτελεστεί ο υπολογισμός της μερικής και συνολικής επικινδυνότητας πρέπει να γνωρίζουμε:

- την συχνότητα έκλυσης του κινδύνου f που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το κεντρικό συμβάν,
- την πιθανότητα αστοχία PM των μέτρων προστασίας
- την τρωτότητα V του συστήματος λόγω της επίπτωσης

- την σοβαρότητα της συνέπειας C.

Για κάθε ένα από τα μέτρα πρόληψης της επίπτωσης. Υπενθυμίζεται ότι η μερική επικινδυνότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$R_{ij} = f * PM_i * V_{ij} * C_{ij}$$

Και η ολική επικινδυνότητα από το άθροισμα αυτών.

Για την συγκεκριμένη επίπτωση, γνωρίζουμε ότι στο αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης έχει συμβεί η λανθάνουσα παρουσία έμψυχου ον ή υλικού στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων δώδεκα (12) φορές κατά μέσο όρο την δεκαετία, άρα $f=1.2$, η τρωτότητα είναι αρκετά υψηλή και ίση με 0.8. Η σοβαρότητα της συνέπειας χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ μεγάλη σύμφωνα με τον Πίνακα 8 και λαμβάνει τιμή 2700. Τέλος η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης PM είναι ίση με το γινόμενο των πιθανοτήτων αποτυχίας των μέτρων πρόληψης. Για κάθε μέτρο πρόληψης η πιθανότητα αστοχίας είναι ίση με:

- Για το σύστημα προειδοποίησης $PM_{11}= 0.13$. Το αυτοματοποιημένο σύστημα χαρακτηρίζεται υψηλής πιστότητας και πάρα πολύ σπάνια αποτυγχάνει. Το ποσοστό αποτυχίας αντιπροσωπεύει εκείνες τις περιπτώσεις όπου το σύστημα αποτυγχάνει στον σκοπό του. Μία τέτοια περίπτωση είναι όταν το σύστημα προειδοποιεί στο έδαφος για την επικείμενη πρόσκρουση αλλά είναι πολύ αργά για να αντιδράσει ο χειριστής του αεροσκάφους.
- Για την εκτέλεση ελιγμού, $PM_{12}= 0.60$. Παρότι σχεδόν πάντα εκτελείται ένας ελιγμός αποφυγής από το πλήρωμα, μόνο σε ποσοστό 40% αυτός είναι επιτυχής.
- Επείγουσα εκκένωση αεροσκάφους $PM_{13}= 0.88$. Το ποσοστό το οποίο φαντάζει αρκετά υψηλό, αφορά τις περιπτώσεις που η επείγουσα εκκένωση εκτελεστεί πριν το σύστημα οδηγηθεί στην επίπτωση και συγκεκριμένα στην σύγκρουση με άλλο αεροσκάφος. Μόνο το 20% των εκκενώσεων εκτελείται πριν από την παρουσίαση της συγκεκριμένης επίπτωσης και από αυτές μόνο το 8% επί του συνόλου των εκκενώσεων είναι επιτυχής.
- Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων αεροσκαφών. $PM_{14}= 0.5$. Συνήθως ένα τέτοιο ατύχημα λαμβάνει χώρα υπό συνθήκες πίεσης και μόνο κατά το 50% των περιπτώσεων η σύγκρουση με ένα υλικό ή έμψυχο οργανισμό δεν ενέχει περαιτέρω επιπτώσεις.

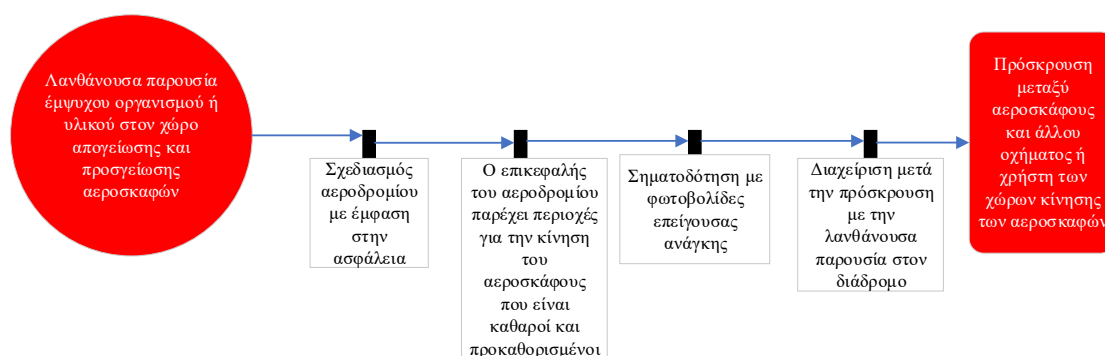
Με τα παραπάνω στοιχεία και εφαρμόζοντας το τύπο η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$\begin{aligned} R_{11} &= f_1 * (PM_{11} * PM_{12} * PM_{13} * PM_{14}) * V_{11} * C_{11} \\ R_{11} &= 1.2 * (0.13 * 0.6 * 0.88 * 0.5) * 0.8 * 2700 \\ R_{11} &= 1.2 * (0.03432) * 0.8 * 2700 \\ R_{11} &= 88.95744 \end{aligned}$$

Λαμβάνοντας λοιπόν τα στοιχεία αυτά, η επικινδυνότητα σύμφωνα με τον πίνακα 9 είναι μέτρια και υπάρχει η πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρού ανεπιθύμητου συμβάντος. Οπότε συστήνεται η λήψη μέτρων για την μείωση του κινδύνου με σκοπό την

μακροπρόθεσμη εξάλειψή του. Παρατηρούμε ότι το η συνολική πιθανότητα να οδηγηθεί το σύστημα από το κεντρικό συμβάν στην συγκεκριμένη επίπτωση είναι ίση με 0.03432 ή 3%. Έτσι το σύστημα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ασφαλές. Αυτή η πιθανότητα μπορεί να μειωθεί σημαντικά εάν αυξηθεί η πιθανότητα εκτέλεσης με επιτυχία ενός ελιγμού αποφυγής με το αεροσκάφος από το πλήρωμα, ή με την δημιουργία τέτοιων συνθηκών ώστε να μπορεί να εκτελείται μία εκκένωση αεροσκάφους εγκυρότερα και πριν την σύγκρουση με το δεύτερο αεροσκάφος.

Όμοια, για να υπολογιστεί η πιθανότητα να προσκρούσει το αεροσκάφος με ένα άλλο όχημα ή χρήστη του αεροσκάφους αναλύεται στο σχήμα 11 και το παρακάτω κομμάτι του bow tie:



Σχήμα 11 Διάγραμμα αναπαράστασης επίπτωσης "Σύγκρουση αεροσκάφους με όχημα εξυπηρέτησης ή άλλον χρήστη του χώρου εξυπηρέτησης λόγω λανθάνουσας παρουσίας στον χώρο απογείωσης και προσγειώσεων αεροσκαφών"

Για να υπολογιστεί η πιθανότητα το αεροσκάφος να προσκρούσει σε ένα άλλο όχημα ή χρήστη των χώρων κίνησης των αεροσκαφών λόγω της λανθάνουσας παρουσίας στο μη προβλεπόμενο χώρο υπολογίζεται η πιθανότητα να αποτύχουν τα παρακάτω μέτρα:

- Σχεδιασμός αεροδρομίου δίνοντας έμφαση στην ασφάλεια
- Ο επικεφαλής του αεροδρομίου παρέχει περιοχές για την κίνηση του αεροσκάφους που είναι καθαροί και προκαθορισμένοι
- Σηματοδότηση με φωτοβολίδες επείγουσας ανάγκης
- Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογείωσης και προσγειώσεων αεροσκαφών

Για την συγκεκριμένη επίπτωση, γνωρίζουμε ότι στο αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης έχει συμβεί η λανθάνουσα παρουσία έμψυχου ον ή υλικού στον χώρο απογείωσης και προσγειώσεων δώδεκα (12) φορές κατά μέσο όρο την δεκαετία, άρα $f=1.2$. Η τρωτότητα παραμένει αρκετά υψηλή και για αυτήν την επίπτωση, ίση με 0.8. Η σοβαρότητα της συνέπειας χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ μεγάλη σύμφωνα με τον Πίνακα 8 και λαμβάνει τιμή 1800. Τέλος η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης PM είναι ίση με το γινόμενο των πιθανοτήτων αποτυχίας των μέτρων πρόληψης. Για κάθε μέτρο πρόληψης η πιθανότητα αστοχίας είναι ίση με:

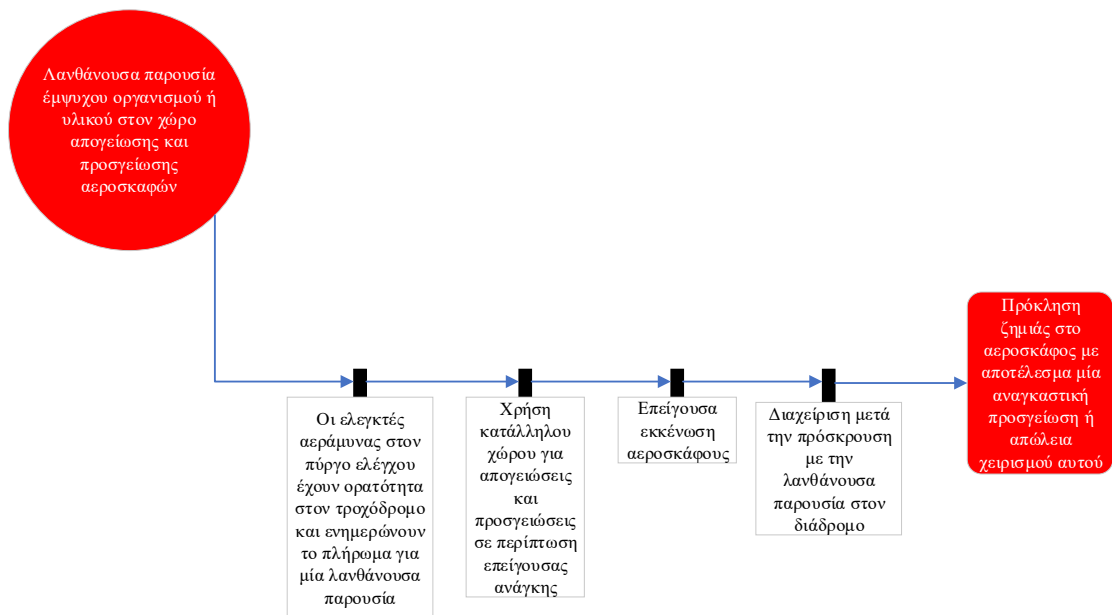
- Για τον σχεδιασμό του αεροδρομίου δίνοντας έμφαση στην ασφάλεια $PM_{21}=0.22$. Το αεροδρόμιο χαρακτηρίζεται ως αρκετά ασφαλές με μικρές πιθανότητες να εμφανιστεί ένα ατύχημα λόγω κακού σχεδιασμού.
- Ο επικεφαλής του αεροδρομίου παρέχει περιοχές για την κίνηση του αεροσκάφους που είναι καθαροί και προκαθορισμένοι. Το αεροδρόμιο διαθέτει εφεδρικό διάδρομο απογείωσης και προσγείωσης ο οποίος έχει λειτουργήσει ως κύριος το 2016 για τρεις μήνες με απόλυτη επιτυχία. Το αεροδρόμιο όμως, δεν διαθέτει εφεδρικό χώρο εξυπηρέτησης. Επίσης η μη χρήση του εφεδρικού διαδρόμου ανά τακτά χρονικά διαστήματα ενέχει την πιθανότητα να γίνει κάποιο λάθος λόγω έλλειψης εμπειρίας. Έτσι $PM_{22}=0.33$
- Για την σηματοδότηση με φωτοβολίδες επείγουσας ανάγκης, δεν έχει χρειαστεί ποτέ την τελευταία δεκαετία να εκτελεστεί μία τέτοια διαδικασία. Θεωρείται ότι η πιθανότητα να μην εκτελεστεί σωστά αυτή η διαδικασία είναι πάρα πολύ υψηλή καθώς δεν εκτελείται και κάποια επανεκπαίδευση στο συγκεκριμένο κομμάτι $PM_{23}=0.65$.
- Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογείωσης και προσγείωσης αεροσκαφών. $PM_{24}=0.5$. Συνήθως ένα τέτοιο ατύχημα λαμβάνει χώρα υπό συνθήκες πίεσης και μόνο κατά το 50% των περιπτώσεων η σύγκρουση με ένα υλικό ή έμψυχο οργανισμό δεν ενέχει περαιτέρω επιπτώσεις.

Με τα παραπάνω στοιχεία και εφαρμόζοντας το τύπο η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$\begin{aligned}
 R_{21} &= f_1 * (PM_{21} * PM_{22} * PM_{23} * PM_{24}) * V_{21} * C_{21} \\
 R_{21} &= 1.2 * (0.22 * 0.33 * 0.65 * 0.5) * 0.8 * 1800 \\
 R_{21} &= 1.2 * (0.023595) * 0.8 * 1800 \\
 R_{21} &= 40.77216
 \end{aligned}$$

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψιν τα στοιχεία αυτά, η επικινδυνότητα οριακά χαρακτηρίζεται χαμηλή και ελεγχόμενη από τον πίνακα 9 χωρίς να αποκλείεται η πιθανότητα να εκδηλωθεί ένα συμβάν. Προτείνεται η παρακολούθηση και μείωση του κινδύνου ώστε αυτός να χαρακτηριστεί ασήμαντος. Η συνολική πιθανότητα να οδηγηθεί το σύστημα από το κεντρικό συμβάν στην συγκεκριμένη επίπτωση είναι ίση με 0.023595. Μία αρκετά χαμηλή πιθανότητα με ποσοστό 2% του συνόλου των φορών που κάποιο αντικείμενο ή ον βρέθηκε σε μη προβλεπόμενο χώρο. Προκειμένου να βελτιωθεί περαιτέρω αυτό το ποσοστό, καλό θα ήταν να προγραμματιστούν και να εκτελούνται επανεκπαιδεύσεις του προσωπικού στην χρήση διάφορων μέτρων ασφαλείας όπως είναι η χρήση φωτοβολίδων καθώς για την συγκεκριμένη επίπτωση το μέτρο πρόληψης που αφορά την χρήση φωτοβολίδων είναι αυτό που αυξάνει περισσότερο από όλα την πιθανότητα να οδηγηθεί το σύστημα στην επίπτωση.

Τέλος για να υπολογιστεί η πιθανότητα να προκληθεί ζημιά στο αεροσκάφος με αποτέλεσμα να οδηγηθεί σε αναγκαστική προσγείωση ή να απωλέσει ο πιλότος του αεροσκάφους τον χειρισμό αυτού αναλύεται στο σχήμα 12 και το παρακάτω κομμάτι του διαγράμματος:



Σχήμα 12 Διάγραμμα αναπαράστασης περίπτωσης "πρόκληση ζημιάς σε αεροσκάφος ή εξοπλισμό εδάφους λόγω λανθάνουσας παρουσίας στον χώρο απογείωσης και προσγείωσης αεροσκαφών"

Για να υπολογιστεί η πιθανότητα να προκληθεί ζημιά στο αεροσκάφος με αποτέλεσμα να οδηγηθεί σε αναγκαστική προσγείωση ή να χαθεί η δυνατότητα χειρισμού του πρέπει να αποτύχουν τα παρακάτω μέτρα:

- Οι ελεγκτές αεράμυνας στον πύργο ελέγχου έχουν ορατότητα στον τροχόδρομο και ενημερώνουν το πλήρωμα για μία λανθάνουσα παρουσία
- Χρήση κατάλληλου χώρου για απογείωσης και προσγείωσης σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης
- Επείγουσα εκκένωση αεροσκάφους
- Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογείωσης και προσγείωσης αεροσκαφών

Όπως έγινε γνωστό πρωτύτερα, η λανθάνουσα παρουσία έμφυχου ον ή υλικού στον χώρο απογείωσης και προσγείωσης παρουσιάζεται δώδεκα (12) φορές κατά μέσο όρο την δεκαετία, άρα $f=1.2$. Η τρωτότητα παραμένει αρκετά υψηλή και για αυτήν την περίπτωση, ίση με 0.8. Η σοβαρότητα της συνέπειας χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ σοβαρός κίνδυνος και λαμβάνει την τιμή 600. Στην συνέχεια, η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης PM είναι ίση με το γινόμενο των πιθανοτήτων αποτυχίας των μέτρων πρόληψης. Για κάθε μέτρο πρόληψης η πιθανότητα αστοχίας είναι ίση με:

- Ο Πύργος ελέγχου στο αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης βρίσκεται σε χώρο όπου οι ελεγκτές αεράμυνας σε αυτόν έχουν οπτική επαφή με όλους τους χώρους του αεροδρομίου. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης είναι πάρα πολύ μικρή με $PM_{31}=0.05$.
- Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης το αεροδρόμιο τις περισσότερες φορές λειτουργεί ορθά και δεν δημιουργούνται δυσάρεστες καταστάσεις. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, $PM_{32}=0.05$

- Επείγουσα εκκένωση αεροσκάφους $PM_{33}=0.88$. Το ποσοστό το οποίο φαντάζει αρκετά υψηλό, αφορά τις περιπτώσεις που η επείγουσα εκκένωση εκτελεστεί πριν το σύστημα οδηγηθεί στην επίπτωση και συγκεκριμένα στην σύγκρουση με άλλο αεροσκάφος. Μόνο το 20% των εκκενώσεων εκτελείται πριν από την παρουσίαση της συγκεκριμένης επίπτωσης και από αυτές μόνο το 8% επί του συνόλου των εκκενώσεων είναι επιτυχής.
- Διαχείριση μετά την πρόσκρουση με την λανθάνουσα παρουσία στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων αεροσκαφών. $PM_{34}=0.5$. Συνήθως ένα τέτοιο ατύχημα λαμβάνει χώρα υπό συνθήκες πίεσης και μόνο κατά το 50% των περιπτώσεων η σύγκρουση με ένα υλικό ή έμψυχο οργανισμό δεν ενέχει περαιτέρω επιπτώσεις.

Με τα παραπάνω στοιχεία και εφαρμόζοντας το τύπο η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$R_{31} = f_1 * (PM_{31} * PM_{32} * PM_{33} * PM_{34}) * V_{31} * C_{31}$$

$$R_{31} = 1.2 * (0.05 * 0.05 * 0.88 * 0.5) * 0.8 * 600$$

$$R_{31} = 1.2 * (0.0011) * 0.8 * 600$$

$$R_{31} = 0.6336$$

Η επικινδυνότητα είναι σχεδόν μηδενική. Το ενδεχόμενο να συμβεί η παραπάνω επίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλή και δεν ενέχει κίνδυνο να συμβεί ούτε και να αυξηθεί. Ο λόγος που η συγκεκριμένη επίπτωση είναι σχεδόν απίθανη να συμβεί είναι ότι τα παραπάνω μέτρα δεν έχουν πολλά ευάλωτα σημεία και ως εκ τούτου δεν αποτυγχάνουν στον σκοπό τους.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρούμε ότι ο μόνος λόγος που κάποια επίπτωση μπορεί να επέλθει είναι λόγο κακού χειρισμού από κάποιο μέλος του προσωπικού. Πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στην εκπαίδευση και επανεκπαίδευση του προσωπικού ώστε να μειωθεί περαιτέρω ο κίνδυνος να δημιουργηθεί μία επίπτωση και να μην υπάρχει το ενδεχόμενο να δημιουργηθεί κάποιο δυσάρεστο γεγονός από το κεντρικό συμβάν.

Να τονιστεί ότι οι φραγμοί αυτοί δεν εφαρμόζονται πάντα με την σειρά που απεικονίζονται και δεν έχουν πάντα ως κύριο στόχο την αποφυγή της επίπτωσης. Π.χ. η επείγουσα εκκένωση του αεροσκάφους γίνεται σε περίπτωση που στο δεύτερο αεροσκάφος υπάρχουν επιβάτες και/ ή προσωπικό με μοναδικό στόχο την αποφυγή τραυματισμών. Επίσης με τη διαχείριση μετά την πρόσκρουση στην συγκεκριμένη περίπτωση νοούνται τα μέτρα που λαμβάνονται από το αεροδρόμιο και το προσωπικό μετά την πρόσκρουση με το αντικείμενο ή έμψυχο ων το οποίο βρισκόταν στον μη προβλεπόμενο χώρο.

Για την αποφυγή ατυχημάτων λόγω ενός κεντρικού γεγονότος, τα μέτρα πρόληψης πριν αυτό συμβεί δεν παίζουν κανένα ρόλο. Έτσι αναλύεται μόνο το δεξί κομμάτι του διαγράμματος. Στην συνέχεια θα αναλυθεί η πιθανότητα να επέλθει μία

επίπτωση όταν λόγω σύγκρουσης αεροσκαφών μεταξύ τους ή με άλλο όχημα εδάφους στον χώρο εξυπηρέτησης προκληθεί πυρκαγιά

6.3 Πυρκαγιά από σύγκρουση αεροσκαφών ή αεροσκάφους με όχημα εξυπηρέτησης

6.3.1 Μέτρα πρόληψης και πιθανές επιπτώσεις

Λαμβάνοντας ως κεντρικό συμβάν την πυρκαγιά που προκλήθηκε λόγω μίας σύγκρουσης μεταξύ αεροσκαφών ή μεταξύ ενός αεροσκάφους και ενός οχήματος εξυπηρέτησης, θα υπολογιστεί η πιθανότητα να οδηγηθεί το σύστημα στις παρακάτω τρεις επιπτώσεις:

- a) Τραυματισμός επιβατών ή προσωπικού
- b) Θάνατος επιβατών ή προσωπικού
- c) Πρόκληση ζημιάς σε εξοπλισμό εδάφους ή στο αεροσκάφος.

Όπως παρουσιάζεται παρακάτω, για κάθε μία επίπτωση, τα μέτρα πρόληψης είναι:

1) Για την πρόληψη τραυματισμού επιβατών ή προσωπικού:

- a) Αποκλεισμός - Εκκένωση χώρου
- b) Ειδοποίηση πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας
- c) Παροχή πρώτων Βοηθειών
- d) Εφαρμογή checklist
- e) Ενημέρωση Πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων
- f) Εκκένωση Αεροσκάφους
- g) Ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων και αεροσκαφών

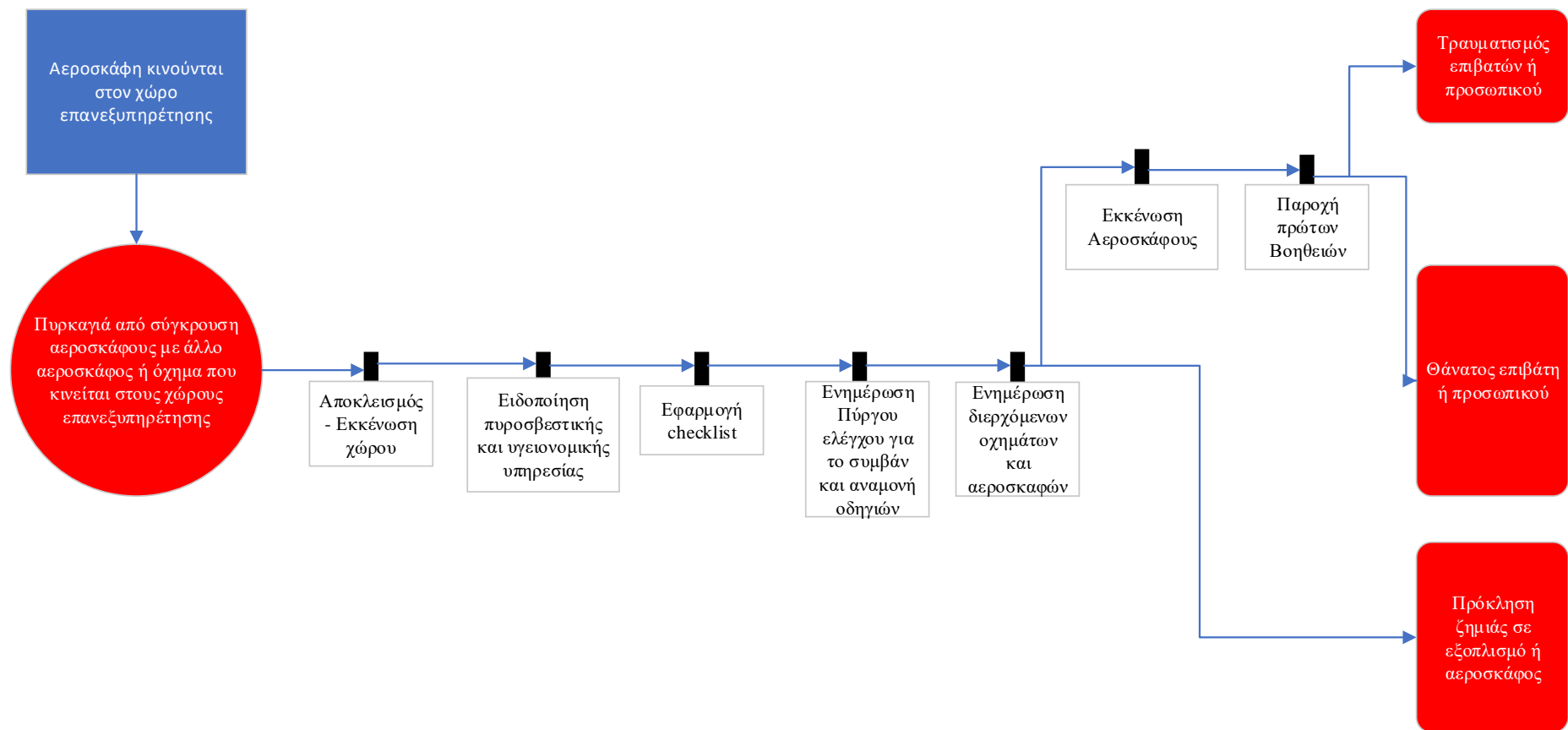
2) Για την πρόληψη θανάτου επιβατών ή προσωπικού:

- a) Αποκλεισμός - Εκκένωση χώρου
- b) Ειδοποίηση πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας
- c) Παροχή πρώτων Βοηθειών
- d) Εφαρμογή checklist
- e) Ενημέρωση Πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων
- f) Εκκένωση Αεροσκάφους
- g) Ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων και αεροσκαφών

3) Για την πρόληψη ώστε να αποφευχθεί η πρόκληση ζημιάς σε εξοπλισμό ή σε αεροσκάφος:

- a) Αποκλεισμός - Εκκένωση χώρου
- b) Ειδοποίηση πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας
- c) Εφαρμογή checklist
- d) Ενημέρωση Πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων
- e) Ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων και αεροσκαφών

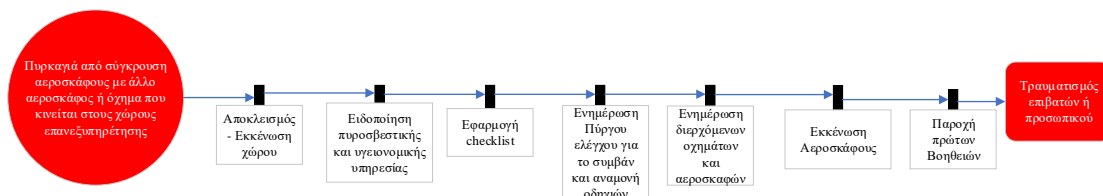
Στην επόμενη σελίδα, στο σχήμα 13, παρουσιάζεται το δεξί μέλος του διαγράμματος bow tie όπου παρουσιάζονται διαγραμματικά οι παραπάνω επιπτώσεις με τα εκάστοτε μέτρα πρόληψης.



Σχήμα 13 Διαγραμματική αναπαράσταση πιθανών επιπτώσεων από πυρκαγιά λόγω σύγκρουσης αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

6.3.2 Υπολογισμός πιθανότητας πρόκλησης επίπτωσης

Στο αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης έχει προκληθεί φωτιά λόγω σύγκρουσης αεροσκαφών μεταξύ τους ή μεταξύ αεροσκάφους και οχήματος εξυπηρέτησης 4 φορές την τελευταία δεκαετία. Άρα $f=0.4$. Καθώς το πρώτο σκέλος αφορά τον τραυματισμό ανθρώπου, αναλύεται το παρακάτω κομμάτι του bow tie όπως αυτό απεικονίζεται στο σχήμα 14:



Σχήμα 14 Διαγραμματική αναπαράσταση επίπτωσης τραυματισμού επιβάτη ή εργαζόμενου λόγω της πυρκαγιάς που προήλθε από σύγκρουση αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

Η τρωτότητα είναι αρκετά υψηλή στην περίπτωση του συγκεκριμένου κεντρικού συμβάντος και συγκεκριμένα ίση με 0.9. Η σοβαρότητα της συνέπειας χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ σοβαρή καθώς αφορά τραυματισμό και λαμβάνει την τιμή 500. Στην συνέχεια, θα υπολογιστεί η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης PM. Η ολική πιθανότητα είναι ίση με το γινόμενο των πιθανοτήτων αποτυχίας των μέτρων πρόληψης. Για κάθε μέτρο πρόληψης η πιθανότητα αστοχίας είναι ίση με:

- Ο Αποκλεισμός - Εκκένωση χώρου όπου λαμβάνει χώρα η πυρκαγιά είναι πάντα άμεσος. Αποτελεί ένα οφθαλμοφανές κίνδυνο που δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητος. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης είναι πάρα πολύ μικρή με $PM_{11}=0.05$.
- Η ειδοποίηση της πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας από τους άμεσα εμπλεκόμενους δεν εκτελείται σχεδόν ποτέ λόγω άγχους και στρες εκείνη στην χρονική περίοδο. Οπότε αυτό το μέτρο πρόληψης έχει υψηλό δείκτη αποτυχίας με $PM_{12}=0.85$.
- Η εφαρμογή του εγχειριδίου από το προσωπικό του αεροσκάφους και από το αντίστοιχο του εδάφους εφαρμόζεται πάντα με πλήρη επιτυχία. Αυτό το μέτρο πρόληψης αποτυγχάνει μόνο όταν το κεντρικό συμβάν είναι πάρα πολύ ισχυρό, στην συγκεκριμένη περίπτωση η πυρκαγιά. Σύμφωνα με τις έρευνες σε περίπτωση φωτιάς κατά 75% οι άνθρωποι πανικοβάλλονται και δεν εφαρμόζουν αυτά στα οποία έχουν εκπαιδευτεί. Έτσι το $PM_{13}=0.75$.
- Για το μέτρο πρόληψης ενημέρωση πύργου ελέγχου και αναμονή οδηγίων, αυτό συμβαίνει πάντα όταν το εμπλεκόμενο αεροσκάφος έχει μέσα προσωπικό. Έχει ενσωματωθεί στην νοοτροπία των πληρωμάτων αέρος η ενημέρωση του πύργου ελέγχου σε κάθε φάση της πτήσης. Παγκοσμίως η ενημέρωση του πύργου ελέγχου έχει επιτυχία 99%. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{14}=0.05$.
- Η ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων αποτελεί κατά κύριο ρόλο κομμάτι του Πύργου ελέγχου. Το προσωπικό του πύργου ελέγχου είναι υπεύθυνο να

ενημερώσει όλα τα οχήματα και αεροσκάφη τα οποία εμπλέκονται στην περιοχή της πυρκαγιάς. Αυτό το μέτρο ασφαλείας δεν αποτυγχάνει σχεδόν ποτέ καθώς έχει θεσπιστεί σύμφωνα με τον ICAO μία κοινή συχνότητα κρίσιμης κατάστασης την οποία ακούνε όλοι όσοι έχουν ασύρματο στο όχημα τους. Πλέον όλα τα οχήματα που κινούνται σε αυτούς τους χώρους είναι εφοδιασμένα με ασύρματο. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{15} = 0.05$

- Η εκκένωση του αεροσκάφους εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα στο πλαίσιο επανεκπαίδευσης του προσωπικού αέρος. Μία φορά το εξάμηνο εκτελείται και με γεμάτο αεροσκάφος. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης είναι αρκετά μικρό. $PM_{16} = 0.15$. Το 15% οφείλεται σε περιπτώσεις που καταγράφηκε τραυματισμός κατά την εκκένωση του αεροσκάφους που οφειλόταν σε λανθασμένες κινήσεις των επιβατών ή του προσωπικού λόγω πανικού.
- Η παροχή πρώτων βοηθειών αποτελεί ένα πάρα πολύ δυνατό μέτρο πρόληψης το οποίο εφαρμόζεται σχεδόν πάντα καθώς το εμπλεκόμενο προσωπικό είναι εκπαιδευμένο στο να παρέχει αυτές τις υπηρεσίες. Βέβαια είθισται οι πρώτες βοήθειες να παρέχονται από το προσωπικό αφού επέλθει ο τραυματισμός οπότε και εδώ η πιθανότητα να αποτραπεί ο τραυματισμός λόγω παροχής πρώτων βοηθειών είναι μικρή με την πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο κατά 70%, $PM_{17} = 0.70$

Όπως παρατηρείται έχουν εφαρμοστεί πάρα πολλές δικλείδες ασφαλείας ώστε να αποφευχθεί ο τραυματισμός ενός ανθρώπου λόγω μίας πυρκαγιάς που προήλθε από πρόσκρουση. Με τα παραπάνω στοιχεία και εφαρμόζοντας το τύπο η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$R_{11} = f_2 * (PM_{11} * PM_{12} * PM_{13} * PM_{14} * PM_{15} * PM_{16} * PM_{17}) * V_{11} * C_{11}$$

$$R_{11} = 0.4 * (0.05 * 0.85 * 0.75 * 0.05 * 0.05 * 0.15 * 0.7) * 0.9 * 500$$

$$R_{11} = 0.4 * (0.0000083671875) * 0.9 * 500$$

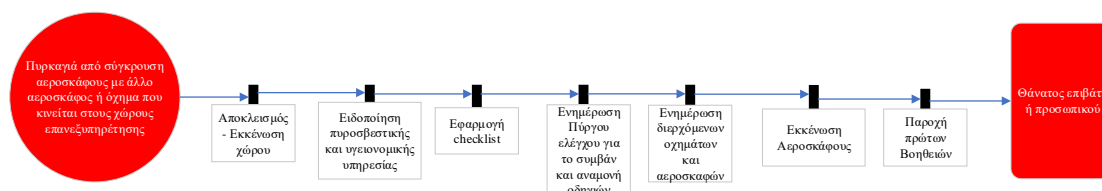
Η πιθανότητα να αστοχήσουν τα μέτρα προστασίας PM από τα στατιστικά στοιχεία είναι πάρα πολύ μικρή. Έτσι ορίζεται στο κατώτατο όριο της για εξαρτημένα μεταξύ τους μέτρα πρόληψης $PM = 0.01$. Τα συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης θεωρούνται εξαρτημένα καθώς τρία από αυτά βασίζονται εξ ολοκλήρου από τον Πύργο ελέγχου Άρα:

$$R_{11} = 0.4 * (0.01) * 0.9 * 500$$

$$R_{11} = 1.8$$

Η επικινδυνότητα είναι σχεδόν μηδενική. Το ενδεχόμενο να συμβεί η παραπάνω επίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλή και δεν ενέχει κίνδυνο να συμβεί ούτε και να αυξηθεί. Ο λόγος που η συγκεκριμένη επίπτωση είναι σχεδόν απίθανη να συμβεί είναι ότι τα παραπάνω μέτρα έχουν σχεδιαστεί ώστε να καλύπτει το ένα τα αδύναμα σημεία του άλλου. Ως εκ τούτου δεν αποτυγχάνουν στον σκοπό τους.

Για τον υπολογισμό της πιθανότητας να οδηγηθεί το σύστημα στην δεύτερη επίπτωση δηλαδή να έχουμε ως επίπτωση τον θάνατο, λαμβάνουμε ως δεδομένο ότι $f=0.4$. Στο διάγραμμα του bow tie αυτό αναφέρεται στο δεύτερο σκέλος του όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 15:



Σχήμα 15 Διαγραμματική αναπαράσταση επίπτωσης θανάτου επιβάτη ή εργαζόμενου λόγω της πυρκαγιάς που προήλθε από σύγκρουση αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

Η τρωτότητα είναι αρκετά υψηλή αλλά αρκετά χαμηλότερη από την προηγούμενη καθώς ο θάνατος είναι πολύ πιο σπάνιος από ένα τραυματισμό. Οπότε είναι ίση με 0.4. Η σοβαρότητα της συνέπειας χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ σοβαρή καθώς αφορά θάνατο και λαμβάνει την τιμή 2500. Στην συνέχεια, θα υπολογιστεί η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης PM. Η ολική πιθανότητα είναι ίση με το γινόμενο των πιθανοτήτων αποτυχίας των μέτρων πρόληψης. Για κάθε μέτρο πρόληψης η πιθανότητα αστοχίας είναι ίση με:

- Ο Αποκλεισμός - Εκκένωση χώρου όπου λαμβάνει χώρα η πυρκαγιά είναι πάντα άμεσος. Αποτελεί ένα οφθαλμοφανές κίνδυνο που δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητος. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης είναι πάρα πολύ μικρή με $PM_{21}=0.05$.
- Η ειδοποίηση της πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας από τους άμεσα εμπλεκόμενους δεν εκτελείται σχεδόν ποτέ λόγω άγχους και στρες εκείνη στην χρονική περίοδο. Οπότε αυτό το μέτρο πρόληψης έχει υψηλό δείκτη αποτυχίας με $PM_{22}=0.85$
- Η εφαρμογή του εγχειριδίου από το προσωπικό του αεροσκάφους και από το αντίστοιχο του εδάφους εφαρμόζεται πάντα με πλήρη επιτυχία. Αυτό το μέτρο πρόληψης αποτυγχάνει μόνο όταν το κεντρικό συμβάν είναι πάρα πολύ ισχυρό, στην συγκεκριμένη περίπτωση η πυρκαγιά. Σύμφωνα με τις έρευνες σε περίπτωση φωτιάς κατά 75% οι άνθρωποι πανικοβάλλονται και δεν εφαρμόζουν αυτά στα οποία έχουν εκπαιδευτεί. Έτσι το $PM_{23}=0.75$.
- Για το μέτρο πρόληψης ενημέρωση πύργου ελέγχου και αναμονή οδηγίων, αυτό συμβαίνει πάντα όταν το εμπλεκόμενο αεροσκάφος έχει μέσα προσωπικό. Έχει ενσωματωθεί στην νοοτροπία των πληρωμάτων αέρος η ενημέρωση του πύργου ελέγχου σε κάθε φάση της πτήσης. Παγκοσμίως η ενημέρωση του πύργου ελέγχου έχει επιτυχία 99%. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{24}=0.05$
- Η ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων αποτελεί κατά κύριο ρόλο κομμάτι του Πύργου ελέγχου. Το προσωπικό του πύργου ελέγχου είναι υπεύθυνο να ενημερώσει όλα τα οχήματα και αεροσκάφη τα οποία εμπλέκονται στην περιοχή της πυρκαγιάς. Αυτό το μέτρο ασφαλείας δεν αποτυγχάνει σχεδόν ποτέ καθώς έχει θεσπιστεί σύμφωνα με τον ICAO μία κοινή συχνότητα κρίσιμης κατάστασης την οποία ακούνε όλοι όσοι έχουν ασύρματο στο όχημα τους. Πλέον όλα τα οχήματα που κινούνται σε αυτούς τους χώρους είναι εφοδιασμένα

με ασύρματο. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{25} = 0.05$

- Η εκκένωση του αεροσκάφους εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα στο πλαίσιο επανεκπαίδευσης του προσωπικού αέρος. Μία φορά το εξάμηνο εκτελείται και με γεμάτο αεροσκάφος. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης είναι αρκετά μικρό. $PM_{26} = 0.15$. Το 15% οφείλεται σε περιπτώσεις που καταγράφηκε τραυματισμός κατά την εκκένωση του αεροσκάφους που οφειλόταν σε λανθασμένες κινήσεις των επιβατών ή του προσωπικού λόγω πανικού.
- Η παροχή πρώτων βοηθειών αποτελεί ένα πάρα πολύ δυνατό μέτρο πρόληψης το οποίο εφαρμόζεται σχεδόν πάντα καθώς το εμπλεκόμενο προσωπικό είναι εκπαιδευμένο στο να παρέχει αυτές τις υπηρεσίες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η παροχή πρώτων βοηθειών αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο στην αντιμετώπιση του πιθανού ενδεχόμενου που είναι ο θάνατος. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία εάν κάποιος λάβει πρώτες βοήθειες έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να ζήσει κατά 40%. Έτσι το $PM_{27} = 0.38$ το οποίο καθορίζεται από την επιτυχία παροχής πρώτων βοηθειών σε προηγούμενα ατυχήματα στο αεροδρόμιο

Όπως παρατηρείται έχουν εφαρμοστεί πάρα πολλές δικλείδες ασφαλείας ώστε να αποφευχθεί ο θάνατος ενός ανθρώπου λόγω μίας πυρκαγιάς που προήλθε από πρόσκρουση. Με τα παραπάνω στοιχεία και εφαρμόζοντας το τύπο η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$R_{21} = f_1 * (PM_{21} * PM_{22} * PM_{23} * PM_{24} * PM_{25} * PM_{26} * PM_{27}) * V_{21} * C_{21}$$

$$R_{21} = 0.4 * (0.05 * 0.85 * 0.75 * 0.05 * 0.05 * 0.15 * 0.38) * 0.4 * 2500$$

$$R_{21} = 0.4 * (0.0000045421875) * 0.4 * 2500$$

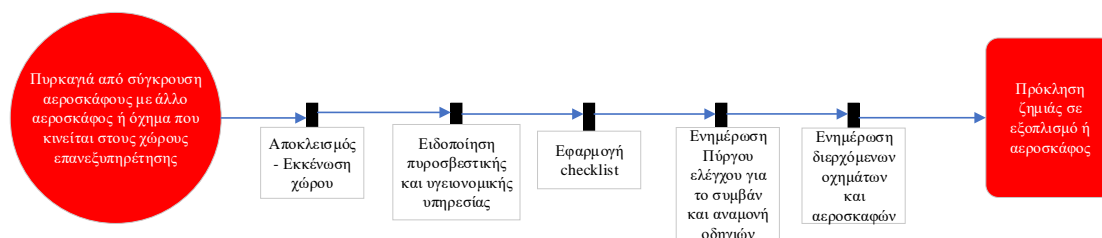
Η πιθανότητα να αστοχήσουν τα μέτρα προστασίας PM από τα στατιστικά στοιχεία είναι πάρα πολύ μικρή. Έτσι ορίζεται στο κατώτατο όριο της για εξαρτημένα μεταξύ τους μέτρα πρόληψης $PM = 0.01$. Τα συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης θεωρούνται εξαρτημένα καθώς τρία από αυτά βασίζονται εξ ολοκλήρου από τον Πύργο ελέγχου Άρα:

$$R_{21} = 0.4 * (0.01) * 0.4 * 2500$$

$$R_{21} = 4$$

Η επικινδυνότητα είναι σχεδόν μηδενική. Το ενδεχόμενο να συμβεί η παραπάνω επίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλή και δεν ενέχει κίνδυνο να συμβεί ούτε και να αυξηθεί. Ο λόγος που η συγκεκριμένη επίπτωση είναι σχεδόν απίθανη να συμβεί είναι ότι τα παραπάνω μέτρα δεν έχουν πολλά ευάλωτα σημεία και ως εκ τούτου δεν αποτυγχάνουν στον σκοπό τους.

Για τον υπολογισμό της πιθανότητας να προκληθεί η τρίτη επίπτωση αναλύεται το σχήμα 16 και το παρακάτω κομμάτι του bow tie:



Σχήμα 16 Διαγραμματική αναπαράσταση επίπτωσης "πρόκληση ζημιάς σε εξοπλισμό ή αεροσκάφος" λόγω της πυρκαγιάς που προήλθε από σύγκρουση αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

Και σε αυτήν την περίπτωση ισχύει $f=0.4$. Η τρωτότητα είναι πάρα πολύ υψηλή καθώς όσες φορές έχει καταγραφεί πυρκαγιά λόγω σύγκρουσης έχει καταγραφεί σε ισάριθμα συμβάντα ζημιά σε αεροσκάφος και / ή εξοπλισμό. Έτσι η τρωτότητα είναι ίση με 1. Η σοβαρότητα λαμβάνει την τιμή 400 καθώς περιλαμβάνει αξιοσημείωτες ζημιές. Στην συνέχεια, θα υπολογιστεί η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης PM. Η πιθανότητα αστοχίας κάθε μέτρου πρόληψης είναι ίση με:

- Ο Αποκλεισμός - Εκκένωση χώρου όπου λαμβάνει χώρα η πυρκαγιά είναι πάντα άμεσος. Αποτελεί ένα οφθαλμοφανές κίνδυνο που δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητος. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης είναι πάρα πολύ μικρή με $PM_{31}=0.05$.
- Η ειδοποίηση της πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας από τους άμεσα εμπλεκόμενους δεν εκτελείται σχεδόν ποτέ λόγω άγχους και στρες εκείνη στην χρονική περίοδο. Οπότε αυτό το μέτρο πρόληψης έχει υψηλό δείκτη αποτυχίας με $PM_{32}=0.85$.
- Η εφαρμογή του εγχειριδίου από το προσωπικό του αεροσκάφους και από το αντίστοιχο του εδάφους εφαρμόζεται πάντα με πλήρη επιτυχία. Αυτό το μέτρο πρόληψης αποτυγχάνει μόνο όταν το κεντρικό συμβάν είναι πάρα πολύ ισχυρό, στην συγκεκριμένη περίπτωση η πυρκαγιά. Σύμφωνα με τις έρευνες σε περίπτωση φωτιάς κατά 75% οι άνθρωποι πανικοβάλλονται και δεν εφαρμόζουν αυτά στα οποία έχουν εκπαιδευτεί. Έτσι το $PM_{33}=0.75$.
- Για το μέτρο πρόληψης ενημέρωση πύργου ελέγχου και αναμονή οδηγιών, αυτό συμβαίνει πάντα όταν το εμπλεκόμενο αεροσκάφος έχει μέσα προσωπικό. Έχει ενσωματωθεί στην νοοτροπία των πληρωμάτων αέρος η ενημέρωση του πύργου ελέγχου σε κάθε φάση της πτήσης. Παγκοσμίως η ενημέρωση του πύργου ελέγχου έχει επιτυχία 99%. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{34}=0.05$.
- Η ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων αποτελεί κατά κύριο ρόλο κομμάτι του Πύργου ελέγχου. Το προσωπικό του πύργου ελέγχου είναι υπεύθυνο να ενημερώσει όλα τα οχήματα και αεροσκάφη τα οποία εμπλέκονται στην περιοχή της πυρκαγιάς. Αυτό το μέτρο ασφαλείας δεν αποτυγχάνει σχεδόν ποτέ καθώς έχει θεσπιστεί σύμφωνα με τον ICAO μία κοινή συχνότητα κρίσιμης κατάστασης την οποία ακούνε όλοι όσοι έχουν ασύρματο στο όχημα τους. Πλέον όλα τα οχήματα που κινούνται σε αυτούς τους χώρους είναι εφοδιασμένα

με ασύρματο. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{35} = 0.05$

Με χρήση των παραπάνω στοιχείων, η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$R_{31} = f_1 * (PM_{31} * PM_{32} * PM_{33} * PM_{34} * PM_{35}) * V_{31} * C_{31}$$

$$R_{31} = 0.4 * (0.05 * 0.85 * 0.75 * 0.05 * 0.05) * 1 * 400$$

$$R_{31} = 0.4 * (0.000796875) * 1 * 400$$

Όπως και στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις, η πιθανότητα να αστοχήσουν τα μέτρα προστασίας PM είναι πάρα πολύ μικρή. Έτσι ορίζεται στο κατώτατο όριο της για εξαρτημένα μεταξύ τους μέτρα πρόληψης $PM = 0.01$. Τα συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης θεωρούνται εξαρτημένα καθώς τρία από αυτά βασίζονται εξ ολοκλήρου από τον Πύργο ελέγχου Άρα:

$$R_{31} = 0.4 * (0.01) * 1 * 400$$

$$R_{31} = 1.6$$

Και σε αυτήν την περίπτωση η πιθανότητα να οδηγηθούμε σε περαιτέρω επιπτώσεις είναι πάρα πολύ μικρή. Το ενδεχόμενο να συμβεί η παραπάνω επίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλή και δεν ενέχει κίνδυνο να συμβεί ούτε και να αυξηθεί. Στην περίπτωση μίας πυρκαγιάς τα εμπλεκόμενα οχήματα πάντα υφίστανται ζημιές. Η επίπτωση αφορά να προχωρήσει το σύστημα σε περαιτέρω ζημιές στο σύνολο των εμπλεκόμενων οχημάτων ή σε άλλο τρίτο όχημα.

Η συνολική επικινδυνότητα είναι:

$$R_{ολ} = 1.8 + 4 + 1,6$$

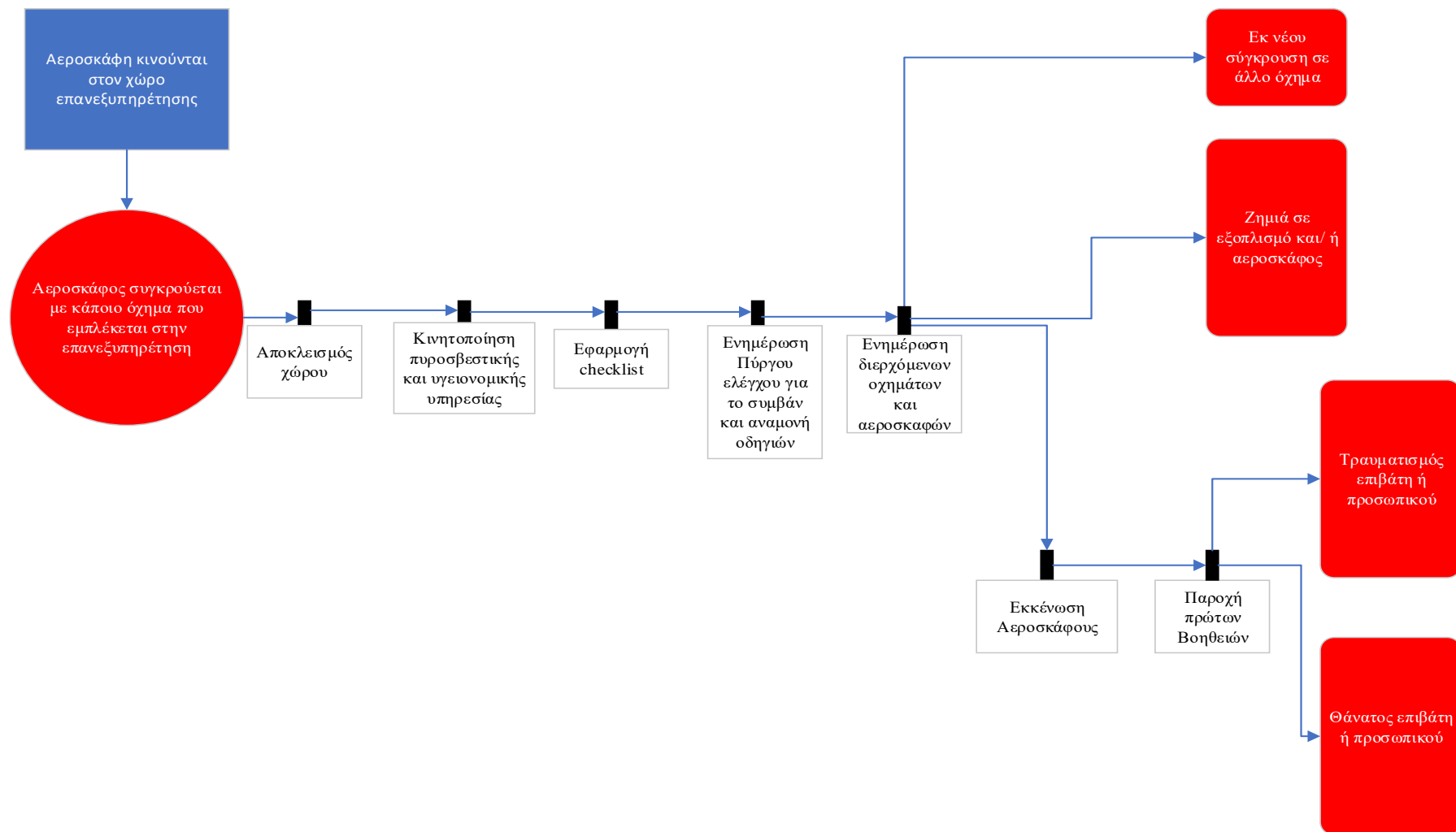
$$R_{ολ} = 7.4$$

Από την ανάλυση του παραπάνω διαγράμματος, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το ξέσπασμα πυρκαγιάς από την σύγκρουση αεροσκαφών μεταξύ τους ή από σύγκρουση αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης έχει πολύ μικρές πιθανότητες, σχεδόν μηδενικές να οδηγήσει σε κάποια επίπτωση. Τα μέτρα προστασίας που έχουν ληφθεί για το συγκεκριμένο κεντρικό συμβάν είναι αρκετά και αποτελεσματικά.

6.4 Σύγκρουση αεροσκάφους με όχημα εξυπηρέτησης

Ένα ακόμα πιθανό σενάριο, είναι η σύγκρουση αεροσκάφους με κάποιο όχημα της εξυπηρέτησης όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 17. Ως όχημα εξυπηρέτησης ορίζεται οποιοδήποτε όχημα εμπλέκεται στην διαδικασία εξυπηρέτησης του αεροσκάφους όπως αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα 6. Τέτοιου είδους ατυχήματα είναι τα πιο συχνά στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών με δραματική αύξηση αυτών

να παρατηρείται σε περιόδους αυξημένου φόρτου εργασίας και πτήσεων όπως είναι το καλοκαίρι. Το καλοκαίρι οι απαιτήσεις για χρήση του αεροδρομίου αυξάνονται σημαντικά καθώς τα Χανιά και η Κρήτη γενικότερα αποτελούν έναν από τους δημοφιλέστερους προορισμούς για καλοκαιρινές διακοπές. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα μέτρα πρόληψης ώστε να αποφευχθεί μία επίπτωση στην περίπτωση που συμβεί μία τέτοια σύγκρουση. Το παραπάνω συμβάν θεωρείται το κεντρικό συμβάν του διαγράμματος.



Σχήμα 17 Διαγραμματική αναπαράσταση πιθανών επιπτώσεων σύγκρουσης αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

6.4.1 Μέτρα πρόληψης και πιθανές επιπτώσεις

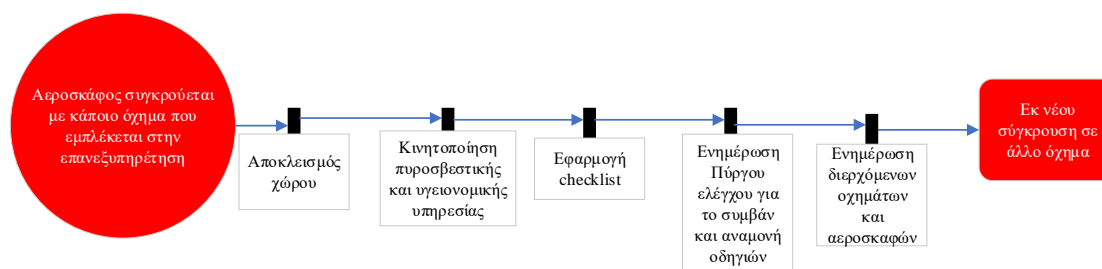
Όπως έχει αναλυθεί, για κάθε πιθανή επίπτωση, αναπτύσσεται ένα σύνολο φραγμών ώστε να αποφευχθούν οι πιθανές επιπτώσεις. Οι πιθανές επιπτώσεις και οι αντίστοιχοι φραγμοί στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι:

- 1) Εκ νέου σύγκρουση με άλλο όχημα
 - a) Κινητοποίηση Πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας
 - b) Ενημέρωση Πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων
 - c) Εφαρμογή checklist
 - d) Ο Πύργος ελέγχου ενημερώνει όλα τα οχήματα που κινούνται στον χώρο
 - e) Αποκλεισμός χώρου
- 2) Τραυματισμός επιβάτη ή προσωπικού
 - a) Εκκένωση χώρου
 - b) Ειδοποίηση πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας
 - c) Εφαρμογή πρώτων Βοηθειών
 - d) Εφαρμογή checklist
 - e) Ενημέρωση Πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων
 - f) Εκκένωση Αεροσκάφους
 - g) Ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων και αεροσκαφών
- 3) Θάνατος επιβάτη ή προσωπικού
 - a) Εκκένωση χώρου
 - b) Ειδοποίηση πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας
 - c) Εφαρμογή πρώτων Βοηθειών
 - d) Εφαρμογή checklist
 - e) Ενημέρωση Πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων
 - f) Εκκένωση Αεροσκάφους
 - g) Ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων και αεροσκαφών
- 4) Ζημιά σε εξοπλισμό και/ ή αεροσκάφος
 - a) Εκκένωση χώρου
 - b) Ειδοποίηση πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας
 - c) Εφαρμογή checklist
 - d) Ενημέρωση Πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων
 - e) Ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων και αεροσκαφών

6.4.2 Υπολογισμός πιθανότητας εμφάνισης μίας επίπτωσης

Η σύγκρουση αεροσκάφους με ένα όχημα εξυπηρέτησης αποτελεί ένα από τα πιο συχνά ατυχήματα που λαμβάνουν χώρα στο χώρο εξυπηρέτησης. Για την ακρίβεια παγκοσμίως αλλά και στο αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης παρατηρούνται 2 τέτοια ατυχήματα κατά μέσο όρο τον χρόνο. Έτσι θα θεωρήσουμε $f=20$ για τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης αυτής της επίπτωσης σε βάθος δεκαετίας.

Για κάθε μία επίπτωση λαμβάνοντας υπόψιν τους φραγμούς που εφαρμόζονται για την αποφυγή αυτής, θα υπολογιστεί η πιθανότητα εμφάνισής της. Για την πρώτη επίπτωση αναλύεται το μέλος τους διαγράμματος που παρουσιάζεται στο σχήμα 18:



Σχήμα 18 Διαγραμματική αναπαράσταση επίπτωσης "εκ νέου σύγκρουση με άλλο όχημα" λόγω σύγκρουσης αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

Έχοντας λοιπόν $f=20$, η σύγκρουση με άλλο όχημα έχει χαμηλή τρωτότητα καθώς μόνο στο 20% των περιπτώσεων παρουσιάζεται περαιτέρω ζημιά στα εμπλεκόμενα οχήματα. Έτσι $V_{11}=0.2$. Η σοβαρότητα $C_{11}=350$, ο κίνδυνος είναι αξιοσημείωτος και παρουσιάζεται η πιθανότητα ενός σχετικού ελαφρού τραυματισμού και αρκετές υλικές ζημιές. Η πιθανότητα αστοχίας κάθε μέτρου πρόληψης αναλύεται παρακάτω:

- Ο Αποκλεισμός - Εκκένωση χώρου στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν γίνεται πάντα άμεσα. Έχουν καταγραφεί γεγονότα όπου τα οχήματα που κινήθηκαν προς τον χώρο του συμβάντος δεν αναγνώρισαν το ατύχημα καθώς ήταν πολύ μικρής έκτασης. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης υπολογίζεται ίση με $PM_{11}=0.31$
- Η ειδοποίηση της πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας από τους άμεσα εμπλεκόμενους εκτελείται σχεδόν πάντα καθώς οι εμπλεκόμενοι δεν αντιμετωπίζουν μεγάλους τραυματισμούς εκείνη στην χρονική στιγμή. Οπότε αυτό το μέτρο πρόληψης έχει υψηλό δείκτη επιτυχίας και η πιθανότητα αποτυχίας του είναι ίση με $PM_{12}=0.12$
- Η εφαρμογή του εγχειριδίου από το προσωπικό του αεροσκάφους και από το αντίστοιχο του εδάφους εφαρμόζεται πάντα με πλήρη επιτυχία. Αυτό το μέτρο πρόληψης αποτυγχάνει μόνο όταν το κεντρικό συμβάν είναι πάρα πολύ ισχυρό, κάτι που στην συγκεκριμένη περίπτωση κατά 87% των περιπτώσεων δεν είναι. Έτσι υπολογίζεται μία χαμηλή πιθανότητα της τάξης του 15% να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο. $PM_{13}=0.15$
- Για το μέτρο πρόληψης ενημέρωση πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγιών, η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{14}=0.05$. Όπως ειπώθηκε νωρίτερα η ενημέρωση του πύργου ελέγχου αποτελεί πλέον μία κίνηση ρουτίνας για το εμπλεκόμενο προσωπικό.
- Η ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων αποτελεί υποχρέωση του Πύργου ελέγχου. Αυτό το μέτρο ασφαλείας δεν αποτυγχάνει σχεδόν ποτέ καθώς έχει θεσπιστεί σύμφωνα με τον ICAO μία κοινή συχνότητα κρίσιμης κατάστασης την οποία ακούνε όλοι όσοι έχουν ασύρματο στο όχημα τους. Πλέον όλα τα οχήματα που κινούνται σε αυτούς τους χώρους είναι εφοδιασμένα με ασύρματο. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{15}=0.05$

Με χρήση των παραπάνω στοιχείων, η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$R_{11} = f_1 * (PM_{11} * PM_{12} * PM_{13} * PM_{14} * PM_{15}) * V_{11} * C_{11}$$

$$R_{11} = 20 * (0.31 * 0.12 * 0.15 * 0.05 * 0.05) * 0.2 * 350$$

$$R_{11} = 20 * (0.00001395) * 0.2 * 350$$

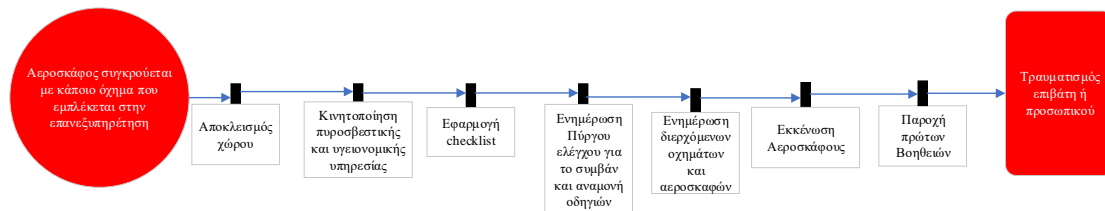
Όπως σε κάποιες από τις προηγούμενες περιπτώσεις, η πιθανότητα να αστοχήσουν ταυτόχρονα όλα τα μέτρα προστασίας PM είναι πάρα πολύ μικρή. Έτσι ορίζεται στο κατώτατο όριο της για εξαρτημένα μεταξύ τους μέτρα πρόληψης $PM = 0.01$. Τα συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης είναι εξαρτημένα καθώς δύο από τα πέντε βασίζονται εξ ολοκλήρου από τον Πύργο ελέγχου Άρα:

$$R_{11} = 20 * (0.01) * 0.2 * 350$$

$$R_{11} = 14$$

Η πιθανότητα να οδηγηθούμε σε περεταίρω επιπτώσεις είναι πάρα πολύ μικρή. Επίσης το μέγεθος της υπολογισμένης επικινδυνότητας να δείχνει ότι το ενδεχόμενο να συμβεί η παραπάνω επίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλή και δεν ενέχει κίνδυνο να συμβεί ούτε και να αυξηθεί η πιθανότητα να συμβεί.

Στην συνέχεια θα υπολογιστεί η πιθανότητα να εμφανιστεί η δεύτερη επίπτωση του διαγράμματος και συγκεκριμένα ο τραυματισμός επιβάτη ή προσωπικού. Σύμφωνα με το διάγραμμα για την αποφυγή του τραυματισμού εφαρμόζονται επτά φραγμοί όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 19:



Σχήμα 19 Διαγραμματική αναπαράσταση επίπτωσης "τραυματισμός επιβάτη ή εργαζόμενο" λόγω σύγκρουσης αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

Η συχνότητα $f=20$, η σοβαρότητα C_{21} είναι σαφώς αυξημένη και ίση με 550 καθώς εμπεριέχει τραυματισμό, η τρωτότητα του ανθρώπου σε τραυματισμό είναι $V_{21}=0,9$ καθώς σχεδόν πάντα τραυματίζεται κάποιος από τα εμπλεκόμενα μέλη και η πιθανότητα αστοχίας για κάθε μέτρο πρόληψης είναι:

- Για το μέτρο εκκένωση χώρου, $PM_{21} = 0.31$ όπως ειπώθηκε νωρίτερα καθώς ισχύουν οι ίδιες συνθήκες.
- Η ειδοποίηση της πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας από τους άμεσα εμπλεκόμενους εκτελείται σχεδόν πάντα καθώς οι εμπλεκόμενοι δεν αντιμετωπίζουν μεγάλους τραυματισμούς εκείνη στην χρονική στιγμή. Οπότε αυτό το μέτρο πρόληψης έχει υψηλό δείκτη επιτυχίας με $PM_{22} = 0.12$
- Η εφαρμογή του εγχειριδίου από το προσωπικό του αεροσκάφους και από το αντίστοιχο του εδάφους εφαρμόζεται πάντα με πλήρη επιτυχία. Αυτό το μέτρο

πρόληψης αποτυγχάνει μόνο όταν το κεντρικό συμβάν είναι πάρα πολύ ισχυρό, κάτι που στην συγκεκριμένη περίπτωση κατά 87% των περιπτώσεων δεν συμβαίνει. Έτσι υπολογίζεται μία χαμηλή πιθανότητα της τάξης του 15% να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο. $PM_{23} = 0.15$

- Ενημέρωση πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγίων, η πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{24} = 0.05$. Όπως ειπώθηκε νωρίτερα η ενημέρωση του πύργου ελέγχου αποτελεί μία διαδικασία που έχει ενσωματωθεί στη νοοτροπία του προσωπικού που εργάζεται σε αυτούς τους χώρους
- Η ενημέρωση διερχομένων οχημάτων αποτελεί ένα πολύ ισχυρό μέτρο πρόληψης με πολύ χαμηλή πιθανότητα αστοχίας $PM_{25} = 0.05$
- Η εκκένωση του αεροσκάφους εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα στο πλαίσιο επανεκπαίδευσης του προσωπικού αέρος. Μία φορά το εξάμηνο εκτελείται και με γεμάτο αεροσκάφος. Έτσι η πιθανότητα να αποτύχει αυτό το μέτρο πρόληψης είναι αρκετά μικρό. $PM_{26} = 0.15$. Το 15% οφείλεται σε περιπτώσεις που καταγράφηκε τραυματισμός κατά την εκκένωση του αεροσκάφους που οφειλόταν σε λανθασμένες κινήσεις των επιβατών ή του προσωπικού λόγω πανικού
- Η παροχή πρώτων βοηθειών παρέχονται από το προσωπικό αφού επέλθει ο τραυματισμός οπότε η πιθανότητα να αποτραπεί ο τραυματισμός λόγω παροχής πρώτων βοηθειών είναι μικρή με την πιθανότητα να αποτύχει το συγκεκριμένο μέτρο κατά 70%, $PM_{27} = 0.70$

Με χρήση των παραπάνω στοιχείων, η μερική επικινδυνότητα είναι:

$$R_{21} = f_1 * (PM_{21} * PM_{22} * PM_{23} * PM_{24} * PM_{25} * PM_{26} * PM_{27}) * V_{21} * C_{21}$$

$$R_{21} = 20 * (0.31 * 0.12 * 0.15 * 0.05 * 0.05 * 0.15 * 0.70) * 0.9 * 550$$

$$R_{21} = 20 * (0.00000146475) * 0.9 * 550$$

Παρατηρείται λοιπόν ότι η πιθανότητα να αστοχήσουν ταυτόχρονα όλα τα μέτρα προστασίας PM είναι πάρα πολύ μικρή και συγκεκριμένα 0.00014%. Έτσι ορίζεται στο κατώτατο όριο της για εξαρτημένα μεταξύ τους μέτρα πρόληψης $PM = 0.01$. Τα συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης είναι εξαρτημένα καθώς δύο από τα επτά βασίζονται εξ ολοκλήρου από τον Πύργο ελέγχου Άρα:

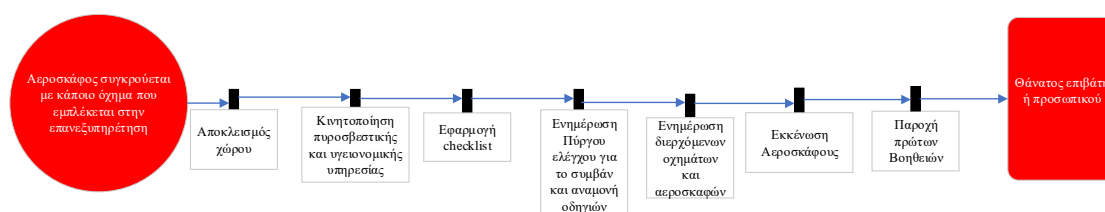
$$R_{21} = 20 * (0.01) * 0.9 * 550$$

$$R_{21} = 99$$

Η επικινδυνότητα είναι αρκετά υψηλή και ίση με 99. Αυτό σύμφωνα με τον πίνακα 3 σημαίνει ότι υπάρχει η πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρού ανεπιθύμητου συμβάντος και πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος με σκοπό την μακροπρόθεσμη εξάλειψή του. Εάν και τα μέτρα δίνουν μία αρκετά μικρή πιθανότητα να συμβεί κάτι,

η επικινδυνότητα είναι αρκετά υψηλή καθώς το κεντρικό γεγονός συμβαίνει πάρα πολύ συχνά. Η ενέργειες για μείωση της επικινδυνότητας αυτής πρέπει να εστιαστούν εκεί.

Ακολουθώς θα υπολογιστεί η πιθανότητα η σύγκρουση μεταξύ αεροσκάφους και κάποιου οχήματος εξυπηρέτησης να προξενήσει ένα θάνατο σε επιβάτη ή προσωπικό. Για την συγκεκριμένη περίπτωση, θα αναλυθεί το τρίτο σκέλος του διαγράμματος το οποίο είναι το εξής:



Σχήμα 20 Διαγραμματική αναπαράσταση επίπτωσης "θάνατος επιβάτη ή εργαζόμενου" λόγω σύγκρουσης αεροσκάφους με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

Καθώς βρισκόμαστε στο ίδιο διάγραμμα το $f=20$ και εδώ. Η τρωτότητα είναι αισθητά χαμηλότερη καθώς ο θάνατος είναι πολύ πιο σπάνιος από ένα τραυματισμό με $V_{31}=0.4$. Η σοβαρότητα της επίπτωσης είναι πάρα πολύ υψηλή καθώς η ανάλυση αφορά έναν θάνατο. $C_{31}=2400$. Η πιθανότητα αποτυχίας για κάθε ένα από τα μέτρα πρόληψης είναι:

- Για το μέτρο εκκένωση χώρου, $PM_{31}=0.31$ όπως ειπώθηκε νωρίτερα
- Η ειδοποίηση της πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας από τους άμεσα εμπλεκόμενους εκτελείται σχεδόν πάντα καθώς οι εμπλεκόμενοι δεν αντιμετωπίζουν μεγάλους τραυματισμούς εκείνη στην χρονική στιγμή. Οπότε αυτό το μέτρο πρόληψης έχει υψηλό δείκτη επιτυχίας με $PM_{32}=0.12$
- Υπολογίζεται μία χαμηλή πιθανότητα της τάξης του 15% να αποτύχει η εφαρμογή των εγχειριδίων. Το $PM_{33}=0.15$.
- Η πιθανότητα να αποτύχει το μέτρο πρόληψης «Ενημέρωση πύργου ελέγχου για το συμβάν και αναμονή οδηγών», είναι πάρα πολύ χαμηλή με $PM_{34}=0.05$.
- Η ενημέρωση διερχόμενων οχημάτων αποτελεί ένα πολύ ισχυρό μέτρο πρόληψης με πιθανότητα αστοχίας $PM_{35}=0.05$
- $PM_{36}=0.15$. καθώς η εκκένωση αεροσκάφους αποτελεί κύριο μέρος της επανεκπαίδευσης των εργαζομένων στον χώρο των αεροπορικών μεταφορών.
- Η παροχή πρώτων βοηθειών αποτελεί το κύριο μέσω με το οποίο προλαμβάνεται ένας θάνατος σε περίπτωση ενός ατυχήματος. Το $PM_{37}=0.38$, ως αποτέλεσμα της απόδοσης των εμπλεκόμενων σε ατυχήματα τα προηγούμενα χρόνια

Με τα παραπάνω στοιχεία, υπολογίζεται η μερική επικινδυνότητα:

$$R_{31} = f_1 * (PM_{31} * PM_{32} * PM_{33} * PM_{34} * PM_{35} * PM_{36} * PM_{37}) * V_{31} * C_{31}$$

$$R_{31} = 20 * (0.31 * 0.12 * 0.15 * 0.05 * 0.05 * 0.15 * 0.38) * 0.4 * 2400$$

$$R_{31} = 20 * (0.000005301) * 0.4 * 2400$$

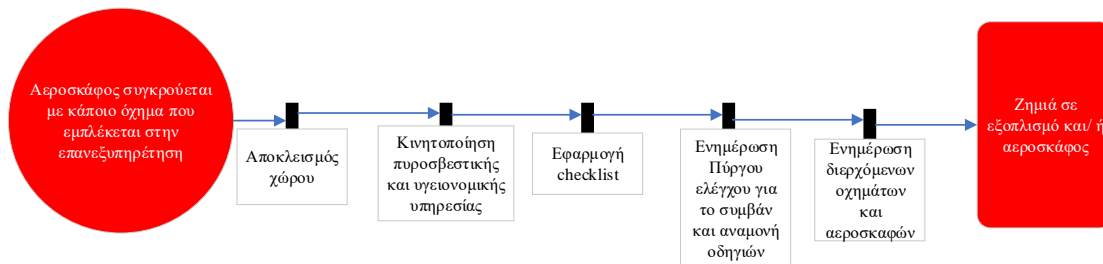
Η πιθανότητα να αστοχήσουν όλα τα μέτρα προστασίας ταυτόχρονα είναι πάρα πολύ μικρή και συγκεκριμένα 0.00053%. Έτσι ορίζεται στο κατώτατο όριο της για εξαρτημένα μεταξύ τους μέτρα πρόληψης $PM = 0.01$. Τα συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης είναι εξαρτημένα καθώς δύο βασίζονται εξ ολοκλήρου από τον Πύργο ελέγχου Άρα:

$$R_{31} = 20 * (0.01) * 0.4 * 2400$$

$$R_{31} = 192$$

Η επικινδυνότητα είναι αρκετά υψηλή και ίση με 192. Σύμφωνα με τον πίνακα 9, υπάρχει η πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρού ατυχήματος και πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος με σκοπό την εξάλειψή του. Τα μέτρα πρόληψης και σε αυτήν την περίπτωση δίνουν μία πάρα πολύ μικρή πιθανότητα να επέλθει μία επίπτωση, σχεδόν μηδενική. Η ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν και σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να εστιαστούν στην μείωση του αριθμού που συμβαίνει το κεντρικό συμβάν.

Τέλος θα αναλυθεί το τελευταίο μέλος του διαγράμματος που αφορά την επίπτωση να προξενήσει το κεντρικό συμβάν ζημιά σε εξοπλισμό ή αεροσκάφος. Το μέλος αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 21:



Σχήμα 21 Διαγραμματική αναπαράσταση επίπτωσης "πρόκληση ζημιάς σε εξοπλισμό ή αεροσκάφος" λόγω σύγκρουσης αεροσκαφών με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης

Το $f=20$, η τρωτότητα $V_{41}=0.9$ καθώς είναι σχεδόν σίγουρο ότι ο εξοπλισμός ή το αεροσκάφος θα αντιμετωπίσει κάποιες βλάβες μετά από μία σύγκρουση, η σοβαρότητα είναι σχετικά χαμηλή με $C_{41}=300$ και η πιθανότητα για κάθε ένα από τα μέτρα πρόληψης να αποτύχει είναι ίση με:

- Για το μέτρο αποκλεισμού- εκκένωση χώρου, $PM_{41}=0.31$
- Η ειδοποίηση της πυροσβεστικής και υγειονομικής υπηρεσίας έχει πιθανότητα αποτυχίας ίση με $PM_{32}=0.12$

- Σύμφωνα με όσα προηγήθηκαν, η πιθανότητα να αποτύχει η εφαρμογή των εγχειριδίων είναι πάρα πολύ χαμηλή. Οπότε η πιθανότητα να αποτύχει το μέτρο πρόληψης στο ρόλο που καλείται να επιτελέσει, $PM_{43} = 0.15$.
- Για το μέτρο πρόληψης ενημέρωση πύργου ελέγχου ισχύει ότι και στην προηγούμενη ανάλυση. Η πιθανότητα να αστοχήσει το συγκεκριμένο μέτρο πρόληψης είναι πάρα πολύ χαμηλό με $PM_{44} = 0.05$.
- Η πιθανότητα να αποτύχει η ενημέρωση από τον πύργο ελέγχου των διερχόμενων οχημάτων είναι πάρα πολύ χαμηλή $PM_{45} = 0.05$. Το ποσοστό αυτό απλά περιλαμβάνει την πιθανότητα κάποιος να έχει χαλασμένο ασύρματο.

Η επικινδυνότητα υπολογίζεται λοιπόν ως εξής:

$$R_{41} = f_1 * (PM_{41} * PM_{42} * PM_{43} * PM_{44} * PM_{45}) * V_{41} * C_{41}$$

$$R_{41} = 20 * (0.31 * 0.12 * 0.15 * 0.05 * 0.05) * 0.9 * 300$$

$$R_{41} = 20 * (0.00001395) * 0.9 * 300$$

Όμοια και εδώ για τον υπολογισμό της επικινδυνότητας θα χρησιμοποιηθεί το ελάχιστο για εξαρτημένα μέτρα πρόληψης ως πιθανότητα όλα τα μέτρα πρόληψης να αστοχήσουν ταυτόχρονα καθώς η πιθανότητα αυτή είναι πάρα πολύ μικρή και ίση με 0.001395%. έτσι:

$$R_{41} = 20 * (0.01) * 0.9 * 300$$

$$R_{41} = 54$$

Η επικινδυνότητα είναι ίση με 54. Αυτή χαρακτηρίζεται ως ελεγχόμενη χωρίς βέβαια να αποκλείεται η πιθανότητα να εκδηλωθεί ένα συμβάν. Πρέπει να εφαρμοστούν ενέργειες για την μείωση του κινδύνου. Τα μέτρα προστασίας από την επίπτωση είναι πάρα πολύ ισχυρά. Οι βελτιώσεις που πρέπει να επέλθουν αφορούν την μείωση της πιθανότητας δημιουργίας του κεντρικού συμβάντος.

Από το παραπάνω bow tie διάγραμμα εξάγεται το συμπέρασμα ότι το σύστημα είναι καλά οχυρωμένο και η πιθανότητα να οδηγηθεί σε μία επίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλή. Αυτό που πρέπει να αντιμετωπιστεί ως κύριο πρόβλημα είναι η μείωση των φορών που το κεντρικό γεγονός συμβαίνει. Εάν εκτελεστεί αυτό όλες οι επικινδυνότητες θα είναι πάρα πολύ χαμηλές και το σύστημα δεν θα διατρέχει κανένα κίνδυνο.

Κεφάλαιο 7ο

Συμπεράσματα και προτάσεις

Αποτελεί κοινό τόπο ότι οι μεταφορές με αεροπλάνο αποτελούν τον πιο ασφαλή τρόπο μετακίνησης. Ενώ ο αριθμός των πτήσεων αυξάνεται εκθετικά κάθε χρόνο παγκοσμίως, το σύνολο των ατυχημάτων παραμένει σχεδόν σταθερό. Αυτό που αυξάνεται είναι το κόστος για τις εταιρείες που προέρχεται από ατυχήματα στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών. Μετά το 2014 υπάρχει μία συστηματική προσπάθεια να ελεγχθούν και να μειωθούν αυτά τα κόστη με χρήση διάφορων ασφαλιστικών δικλείδων. Στην παρούσα εργασία εκτελέστηκε μία μελέτη με την οποία υπολογίστηκε η πιθανότητα να προκληθεί μία επίπτωση στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών του αεροδρομίου Ιωάννης Δασκαλογιάννης η οποία θα προκληθεί λόγω μίας λανθάνουσας κατάστασης στον χώρο αυτόν.

Για την εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ο τρόπος διαγραμματικής αναπαράστασης τύπου bow tie και αναλύθηκε κάθε φραγμός ο οποίος έχει τοποθετηθεί ανάμεσα στο κεντρικό συμβάν και μία επίπτωση με σκοπό τον υπολογισμό της πιθανότητας να προκληθεί η επίπτωση.

Συγκεκριμένα εκτελέστηκε η μελέτη τριών καταστάσεων. Αναλύθηκαν οι φραγμοί που εφαρμόζονται για την αποφυγή μίας επίπτωσης για κάθε μία κατάσταση και υπολογίστηκε η πιθανότητα να προχωρήσει το σύστημα σε μία επίπτωση. Πρώτα αναλύθηκε η περίπτωση της λανθάνουσας παρουσίας στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων των αεροσκαφών. Η κατάσταση αυτή έχει σύμφωνα με το διάγραμμα τρεις πιθανές επιπτώσεις οι οποίες είναι:

- Το αεροσκάφος να προσκρούσει σε άλλο αεροσκάφος
- Πρόσκρουση μεταξύ αεροσκαφών και άλλου οχήματος ή χρήστη των χώρων κίνησης των αεροσκαφών
- Πρόκληση ζημιάς στο αεροσκάφος με αποτέλεσμα μία αναγκαστική προσγείωση ή απώλεια χειρισμού αυτού

Για να προκληθεί μία επίπτωση πρέπει να αποτύχουν όλα τα μέτρα πρόληψης όπως αναλύθηκε στο 4^ο κεφάλαιο. Έτσι αφού εκτελέστηκαν οι υπολογισμοί, η πιθανότητα ένα αεροσκάφος να προσκρούσει σε ένα άλλο αεροσκάφος λόγω λανθάνουσας παρουσίας στον χώρο απογειώσεων και προσγειώσεων είναι ίση με 3%. Η επικινδυνότητα της συγκεκριμένης επίπτωσης είναι λιγότερο από 40 οπότε θεωρείται ασήμαντη και δεν ενδέχεται να αυξηθεί στο μέλλον. Προκειμένου να μειωθεί και άλλο αυτό το ποσοστό προτείνεται η εκπαίδευση των χειριστών των αεροσκαφών στην εκτέλεση ελιγμών αποφυγής καθώς το συγκεκριμένο μέτρο πρόληψης έχει το υψηλότερο ποσοστό αποτυχίας ίσο με 70%.

Στην συνέχεια για την δεύτερη πιθανή επίπτωση της ίδιας λανθάνουσας κατάστασης η οποία είναι η πρόσκρουση ενός αεροσκαφών με κάποιο όχημα εξυπηρέτησης ή άλλο χρήστη των χώρων εξυπηρέτησης εφαρμόζονται επίσης τέσσερα μέτρα πρόληψης τα

οποία δίνουν μία πιθανότητα της τάξης του 2% για να προκληθεί η συγκεκριμένη επίπτωση. Η επικινδυνότητα είναι ελαφρός μεγαλύτερη από 40 και έτσι η αυτή χαρακτηρίζεται ως χαμηλή και ελεγχόμενη χωρίς να αποκλείεται η πιθανότητα να εκδηλωθεί ένα συμβάν. Προτείνεται η παρακολούθηση και μείωση του κινδύνου ώστε αυτός να χαρακτηριστεί ασήμαντος. Προκειμένου να μειωθεί περαιτέρω η επικινδυνότητα και το ποσοστό να προκληθεί η επίπτωση, προτείνεται να προγραμματιστούν και να εκτελούνται επανεκπαιδεύσεις του προσωπικού στην χρήση διάφορων μέτρων ασφαλείας όπως είναι η χρήση φωτοβολίδων καθώς για την συγκεκριμένη επίπτωση το μέτρο πρόληψης που αφορά την χρήση φωτοβολίδων αποτυγχάνει σε ποσοστό 65%

Για την τρίτη και τελευταία επίπτωση της συγκεκριμένης λανθάνουσας κατάστασης η οποία είναι να προκληθεί ζημιά στο αεροσκάφος η οποία θα οδηγήσει σε μία αναγκαστική προσγείωση η απώλεια του χειρισμού του αεροσκάφους, η πιθανότητα είναι πάρα πολύ χαμηλή. Η επικινδυνότητα είναι σχεδόν μηδενική οπότε η πιθανότητα να συμβεί η επίπτωση αυτή είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Τα μέτρα πρόληψης που έχουν ληφθεί για την συγκεκριμένη επίπτωση είναι πάρα πολύ ισχυρά και αλληλοκαλύπτουν τα αδύναμα σημεία μεταξύ τους. Στην συγκεκριμένη επίπτωση τα μέτρα προστασίας που έχουν εφαρμοστεί είναι πιο ισχυρά από τις προηγούμενες δύο επιπτώσεις καθώς η επίπτωση αυτή είναι πολύ πιο σοβαρή και επικίνδυνη.

Στην συνέχεια αναλύθηκε η πιθανότητα να προκληθεί μία επίπτωση λόγω πυρκαγιάς που προήλθε από πρόσκρουση αεροσκαφών ή σύγκρουση αεροσκάφους με κάποιο όχημα της εξυπηρέτησης. Για αυτό το κεντρικό συμβάν υπολογίστηκε η πιθανότητα να:

- Τραυματιστεί επιβάτης ή εργαζόμενος
- Οδηγηθεί σε θάνατο κάποιος επιβάτης ή εργαζόμενος
- Προκληθεί ζημιά σε αεροσκάφος ή κάποιο άλλο εξοπλισμό

Για την πρόληψη της πρώτης επίπτωσης που είναι ο τραυματισμός ενός επιβάτη ή ενός εργαζομένου έχουν εφαρμοστεί επτά φραγμοί ώστε να είναι πάρα πολύ μικρή η πιθανότητα να συμβεί αυτή η επίπτωση. Μετά την μελέτη υπολογίστηκε ότι η πραγματική πιθανότητα είναι μικρότερη από 0.00% και η επικινδυνότητα ίση με 1.8. Έτσι το ενδεχόμενο να συμβεί η παραπάνω επίπτωση είναι πάρα πολύ μικρή και δεν ενέχει τον κίνδυνο να αυξηθεί. Για την αποφυγή της συγκεκριμένης επίπτωσης έχουν εφαρμοστεί υπεραρκετά μέτρα και έτσι δεν υπάρχει λόγος για βελτίωση ούτε προτάσεις ώστε να συμβεί κάτι τέτοιο. Το σύστημα είναι ασφαλές από αυτήν την επίπτωση.

Η δεύτερη επίπτωση είναι ο θάνατος ενός επιβάτη ή εργαζομένου. Αποτελεί μία σαφώς πιο σοβαρή επίπτωση από την προηγούμενη. Για την αποφυγή αυτής της επίπτωσης έχουν εφαρμοστεί οι ίδιοι επτά φραγμοί που χρησιμοποιούνται για την αποτροπή του τραυματισμού αλλά έχουν διαφορετική απόδοση και επιρροή. Και πάλι η πιθανότητα να αποτύχουν όλοι οι φραγμοί είναι πολύ μικρότερη από 0.00% και η επικινδυνότητα ίση με 4. Η πιθανότητα να προχωρήσει το σύστημα στην επίπτωση του θανάτου λόγω

πυρκαγιάς από σύγκρουση είναι μηδενική και δεν υπάρχει ο κίνδυνος να αυξηθεί. Τα εφαρμοσμένα μέτρα είναι πάρα πολύ αποτελεσματικά. Δεν υπάρχουν προτάσεις για βελτίωση της παρούσας κατάστασης και μείωση της πιθανότητας.

Αναλύοντας την τρίτη και τελευταία περίπτωση για το συγκεκριμένο κεντρικό γεγονός η οποία είναι η πρόκληση ζημιάς σε αεροσκάφος ή άλλο εξοπλισμό, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η πιθανότητα να αποτύχουν και οι πέντε φραγμοί και να συμβεί κάτι τέτοιο είναι ίση με 0.07%. Ως αποτέλεσμα και η επικινδυνότητα είναι αρκετά χαμηλή ίση με 1.6. Οπότε ο κίνδυνος να προκληθεί αυτή η περίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλός και δεν θεωρείται ότι θα αυξηθεί.

Παρατηρείται λοιπόν ότι στο ξέσπασμα φωτιάς οι μηχανισμοί του αεροδρομίου λειτουργούν πολύ αποδοτικά χωρίς να υπάρχει λόγος για περαιτέρω βελτίωση. Οι πιθανότητες να οδηγηθεί το σύστημα σε μία περίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλές καθώς έχουν εφαρμοστεί πάρα πολλές δικλείδες ασφαλείας.

Η επόμενη περίπτωση που μελετήθηκε είναι η σύγκρουση αεροσκάφους με κάποιο όχημα που εμπλέκεται στην εξυπηρέτηση. Σε αυτήν την περίπτωση ενώ η πιθανότητα να προκληθεί μία περίπτωση είναι πάρα πολύ χαμηλή, η επικινδυνότητα για ορισμένες επιπτώσεις είναι αρκετά υψηλή με αποτέλεσμα να υποβόσκει ο κίνδυνος η πιθανότητα αυτή να αυξηθεί κατακόρυφα. Ποιο συγκεκριμένα για την πρώτη περίπτωση η οποία είναι να προκληθεί εκ νέου σύγκρουση με άλλο όχημα, έχουν εφαρμοστεί πέντε φραγμοί, οι οποίοι έχουν πιθανότητα να αποτύχουν στον σκοπό τους ταυτόχρονα ίση με 0.001%. Έτσι η πιθανότητα να συμβεί αυτή η περίπτωση είναι σχεδόν μηδενική με την επικινδυνότητα να είναι εξίσου χαμηλή και ίση με 14. Απορρέει λοιπόν το συμπέρασμα ότι το ενδεχόμενο να προκληθεί αυτή η περίπτωση είναι πάρα πολύ μικρό και δεν ενέχει τον κίνδυνο να αυξηθεί.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η πιθανότητα η σύγκρουση του αεροσκάφους με κάποιο όχημα που εμπλέκεται στην εξυπηρέτηση να οδηγήσει σε τραυματισμό για επιβάτη ή εργαζόμενο. Και σε αυτήν την περίπτωση το σύνολο των επτά φραγμών φαίνεται να είναι υπεραρκετό με την πιθανότητα να αποτύχουν ταυτόχρονα και να οδηγηθεί το σύστημα στην περίπτωση του τραυματισμού να είναι ίση με 0.0001%. Η επικινδυνότητα όμως ανέρχεται σε 99 το οποίο σύμφωνα με τον πίνακα 9 σημαίνει ότι υπάρχει η πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρού ανεπιθύμητου συμβάντος και πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος με σκοπό την μακροπρόθεσμη εξάλειψή του. Εάν και τα μέτρα δίνουν μία αρκετά μικρή πιθανότητα να συμβεί κάτι, η επικινδυνότητα είναι αρκετά υψηλή καθώς το κεντρικό γεγονός συμβαίνει πάρα πολύ συχνά. Η ενέργειες για μείωση της επικινδυνότητας αυτής πρέπει να εστιαστούν στην ελαχιστοποίηση εμφάνισης του κεντρικού γεγονότος.

Όμοια και για την επόμενη περίπτωση που είναι ο θάνατος για κάποιο επιβάτη ή εργαζόμενο η πιθανότητα υπολογίζεται ίση με 0.0005% καθώς οι επτά φραγμοί είναι αποτελεσματικοί, αλλά η επικινδυνότητα είναι ίση με 192. Και σε αυτήν την περίπτωση για την συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχει η πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρού

ατυχήματος και πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος με σκοπό την εξάλειψή του. Τα μέτρα πρόληψης και σε αυτήν την περίπτωση δίνουν μία πάρα πολύ μικρή πιθανότητα να επέλθει μία επίπτωση, σχεδόν μηδενική και οι ενέργειες πρέπει να εστιαστούν στην μείωση πρόκλησης του κεντρικού γεγονότος.

Η τέταρτη και τελευταία επίπτωση για το συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζει τους φραγμούς που έχουν εφαρμοστεί για την εξάλειψη της πιθανότητας να προκληθεί ζημιά σε εξοπλισμό ή αεροσκάφος. Έχουν εφαρμοστεί πέντε φραγμοί οι οποίοι έχουν πιθανότητα να αποτύχουν ίση με 0.001% και επικινδυνότητα ίση με 54. Η συγκεκριμένη επικινδυνότητα χαρακτηρίζεται ως ελεγχόμενη χωρίς βέβαια να αποκλείεται η πιθανότητα να εκδηλωθεί η επίπτωση. Πρέπει να εφαρμοστούν ενέργειες για την μείωση του κινδύνου. Τα μέτρα προστασίας από την επίπτωση είναι πάρα πολύ ισχυρά. Οι βελτιώσεις που πρέπει να επέλθουν αφορούν την μείωση της πιθανότητας δημιουργίας του κεντρικού συμβάντος.

Αφού ολοκληρώθηκε η ανάλυση του διαγράμματος bow tie εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα μέτρα προστασίας που έχουν ληφθεί είναι ικανοποιητικά και ισχυρά και η πιθανότητα να αποτύχουν στον σκοπό τους είναι πάρα πολύ μικρή. Το σύνολο των προσπαθειών πρέπει να εστιαστεί στην μείωση εμφάνισης του κεντρικού συμβάντος καθώς αυτό αυξάνει πάρα πολύ την επικινδυνότητα του συστήματος, και το προσδιορίζει ως επισφαλές. Εάν εκτελεστεί αυτό όλες οι επικινδυνότητες θα είναι πάρα πολύ χαμηλές και το σύστημα δεν θα διατρέχει κανένα κίνδυνο.

Αφού ολοκληρώθηκε η ανάλυση των διαγραμμάτων και υπολογίστηκαν οι πιθανότητες να συμβεί μία επίπτωση, παρατηρείται ότι κατά κύριο λόγο, η περίπτωση να συμβεί μία επίπτωση στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών είναι πάρα πολύ χαμηλή. Ο κύριο λόγος που κάποιες επικινδυνότητες και κάποιες πιθανότητες είναι υψηλές συγκριτικά με άλλες δείχνει ότι πρέπει να υπάρξει βελτίωση στον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται κάποιες εκπαιδεύσεις. Επίσης στα πλαίσια αυτών των μετεκπαιδεύσεων πρέπει να τονίζεται η σοβαρότητα χρήσης ατομικών μέσων προστασίας και να αυξηθεί ο έλεγχος χρήσης αυτών στον χώρο εξυπηρέτησης αεροσκαφών.

Τα αποτελέσματα της μελέτης φανέρωσαν κάποιες αδυναμίες του συστήματος για το αεροδρόμιο Ιωάννης Δασκαλογιάννης. Προτείνεται στο μέλλον να εκτελεστούν παρόμοιες έρευνες οι οποίες θα αφορούν άλλα αεροδρόμια, εντός της χώρας ώστε να βελτιωθεί ο κλάδος της ασφάλειας πτήσεων και εδάφους. Επίσης σε δεύτερο χρόνο καλό θα ήταν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, να εισαχθούν σε κάποια βάση δεδομένων και με χρήση αυτής να μπορεί να εκτελεστεί εξόρυξη δεδομένων (data mining) ώστε να μπορεί να εκτελεστεί η παραπάνω διαδικασία και σε αεροδρόμια για τα οποία δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία. Η διαδικασία αυτή μπορεί να στηριχθεί στην μελέτη fault trees όπως αυτή αναπτύχθηκε στο τέταρτο κεφάλαιο.

Βιβλιογραφία

Διεθνής βιβλιογραφία

Boeing (2005). 737 Airplane Characteristics for Airport Planning- D6-58325-6. Boeing Commercial Airplanes, Chicago, USA

CAAN (2011). Airside Safety Procedure for Ground Handling Operation at Airports, Aerodrome Advisory Circular. Civil Aviation Authority Of Nepal, Kathmandu, Nepal

Dimitru I., Boscoianu M. (2015). Human Factors Contribution to Aviation Safety. International Conference of Scientific Paper Afases 2015, Brasov, Romania

EASA (2016). Annual Safety Review 2015. European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany

EASA (2015). Annual Safety Review 2014. European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany

EASA (2014). Annual Safety Review 2013. European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany

EASA (2013). Annual Safety Review 2012. European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany

EASA (2012). Annual Safety Review 2011. European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany

EASA (2011). Annual Safety Review 2010. European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany

EASA (2010). Annual Safety Review 2009. European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany

GASS (2014). A Review of 60 Years of Improvement in Aviation Safety. Global Aviation Safety Study, Munich, Germany

HHRM (2018). Alarp Guidance Under L4409/2016. Hellenic Hydrocarbon Resources Management, Greece

ICAO (2013). Safety Management Manual (SMM), International Civil Aviation Organization, Canada.

Marshall J. (2012). An Introduction to Fault Tree Analysis (FTA). The University of Warwick, Coventry, UK

Reason J. (1997). Managing the Risks of Organizational Accidents. Aldershot, UK

Lu, C., Wetmore, M., Smith, J. (2005). Advocating System Safety Concept in Preventing Airline Accidents. Department of Aviation, Central Missouri State University.

Rason, J. (1990). Human Error. Cambridge University Press, Cambridge, UK

Vandel, B. (2004). Equipment Damage and Human Injury on the Apron. Is it a Cost of Doing Business?. Flight Safety Foundation, USA.

Ελληνική βιβλιογραφία

Αρβανιτογεώργος, Α. (2003). Πιθανοθεωρητική εκτίμηση επικινδυνότητας στη χημική βιομηχανία. Σώμα Επιθεωρητών Εργασίας – Κεντρική Υπηρεσία, Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, Αθήνα, Ελλάδα.

Βλαστός, Στ. (2012). *Ατομικό Εργατικό Δίκαιο*, Αθήνα: Εκδόσεις Σάκκουλα.

ΕΛΙΝΥΑΕ (2008). Θέματα Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας για Επιχειρήσεις τρίτης (3ης) κατηγορίας. Εκδόσεις ΕΛΙΝΥΑΕ, Αθήνα

Κοντογιάννης, Θ. (2016). Εργονομικές Προσεγγίσεις στη Διοίκηση και Διαχείριση της Ασφάλειας, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Κουκιάδης, Ι. (2013). *Εργατικό Δίκαιο*, Αθήνα: Εκδόσεις Σάκκουλα

Νόμος 3850/10 (2010). Κύρωση του Κώδικα νόμων για την Υγεία και την Ασφάλεια των Εργαζομένων. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως, Αθήνα

Διαδίκτυο

<http://www.explorecrete.com/chania/GR-chania-airport.html>

<https://www.fraport-greece.com/ell/profil-aerodromion/chania>

<https://www.gov.uk/government/organisations/military-aviation-authority/about>