

# **ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΓΡΑΠΤΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΕ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΑ ΤΡΕΝΩΝ  
OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT IN WORK ACTIVITIES IN TRAIN  
DEPOTS**

**ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ ΚΛΕΙΔΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗΣ ΘΩΜΑΣ**

**Χανιά, Φεβρουάριος 2023**

## ***Αφιέρωση***

*Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη στη μνήμη των θανόντων εργαζομένων και πολιτών που ταξίδεψαν με τα δύο τρένα τα οποία συγκρούσθηκαν στην περιοχή των Τεμπών, την Τρίτη 28/2/23.*

## ***Ευχαριστίες***

*Στο σημείο αυτό μου δίνεται η δυνατότητα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Θωμά Κοντογιάννη που με βοήθησε στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Αλλά πρωτίστως θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για τη διδασκαλία του, καθώς μου έδωσε το έναυσμα για να ασχοληθώ και να αγαπήσω τον κλάδο της Υγείας και Ασφάλειας Εργασίας.*

# Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή.....	2
1.1. Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο .....	4
1.1.1. Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο που εμπεριέχει την Γραπτή Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου .....	5
1.1.2. Γενικός Κανονισμός Κινήσεων.....	6
1.2. Περιβάλλον και θέσεις εργασίας.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ανάλυση κινδύνων .....	13
2.1. Μεθοδολογία Εκτίμησης Επαγγελματικού κινδύνου.....	13
2.2. Ενδεικτικοί κίνδυνοι σε διάφορες θέσεις εργασίας .....	16
2.2.1. Κίνδυνος πρόσκρουσης τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός.....	17
2.2.2. Κίνδυνος εκτίναξης σωλήνας κατά την διαδικασία ζεύξης-απόζευξης. 24	
2.2.3. Κίνδυνος πτώσης εργαζομένου σε τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο 30	
2.2.4. Κίνδυνος πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο.....	35
2.2.5. Κίνδυνος εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών .....	41
2.2.6. Κίνδυνος από σπάσιμο εργαλείου χειρός.....	49
2.2.7. Κίνδυνος ελλιπούς ορατότητας εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο 52	
2.2.8. Κίνδυνος πτώσης εργαζομένου από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα).....	60
2.2.9. Κίνδυνος επαφής σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο.....	67
2.2.10. Κίνδυνος έκρηξης φιάλης υπό πίεση .....	72
2.2.11. Κίνδυνος διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δηζελάμαζας ...	83
2.3. Παρουσίαση αποτελεσμάτων .....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	95

Συμπεράσματα για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων που εργάζονται σε μηχανοστάσια τρένων .....	95
3.1. Συμπεράσματα ανάλυσης κινδύνων.....	95
3.1.1. Μέτρα ασφαλείας .....	95
3.1.2. Μέτρα προστασίας .....	101
3.2. Γενικά συμπεράσματα.....	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	106

## Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 1. Παράδειγμα σχήματος Bow-tie .....	14
Σχήμα 2. Παράδειγμα σχήματος Fault Tree .....	15
Σχήμα 3. Δέντρο αστοχιών για πρόσκρουση τροχαίου υλικού σε άλλο υλικό ή εκτροχιασμός τροχαίου υλικού.....	18
Σχήμα 4. Διάγραμμα Bow-tie για τον κίνδυνο πρόσκρουσης τροχαίου υλικού σε άλλο υλικό ή εκτροχιασμός τροχαίου υλικού.....	21
Σχήμα 5. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο μηχανοδηγού λόγω πρόσκρουσης/εκτροχιασμού τροχαίου υλικού. ....	22
Σχήμα 6. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του εκτροχιασμένου τροχαίου υλικού.....	23
Σχήμα 7. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο εκτίναξης σωλήνα συστήματος πεπιεσμένου αέρα κατά τη διαδικασία ζεύξης-απόζευξης. ....	25
Σχήμα 8. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο εκτίναξης σωλήνα συστήματος πεπιεσμένου αέρα κατά τη διαδικασία ζεύξης-απόζευξης. ....	28
Σχήμα 9. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του κλειδούχου λόγω εκτίναξης σωλήνα συστήματος πεπιεσμένου αέρα. ....	29
Σχήμα 10. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο πτώσης εργαζομένου σε τάφρο εργασίας ή στον υποδαπέδιο τόρνο. ....	31
Σχήμα 11. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο πτώσης εργαζομένου σε τάφρο εργασίας ή στον υποδαπέδιο τόρνο. ....	33
Σχήμα 12. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου λόγω πτώσης του σε τάφρο ή σε υποδαπέδιο τόρνο. ....	35
Σχήμα 13. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό εξοπλισμό.....	37
Σχήμα 14. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο. ....	39
Σχήμα 15. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του ανυψωμένου τροχαίου υλικού που πέφτει.....	40
Σχήμα 16. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών.....	43
Σχήμα 17. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικής ουσίας.....	45

Σχήμα 18. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου από εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών .....	46
Σχήμα 19. Διάγραμμα Fault Tree για τη μόλυνση περιβάλλοντος λόγω εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών .....	47
Σχήμα 20. Διάγραμμα Fault Tree για τη δημιουργία τοξικής ατμόσφαιρας λόγω εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών.....	48
Σχήμα 21. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από σπάσιμο εργαλείου χειρός.....	50
Σχήμα 22. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο από σπάσιμο εργαλείου χειρός.....	51
Σχήμα 23. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου λόγω σπασίματος εργαλείου χειρός. ....	52
Σχήμα 24. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο .....	54
Σχήμα 25. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο ελλιπής ορατότητας εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο.....	56
Σχήμα 26. Διάγραμμα Fault Tree για τον οφθαλμολογικό τραυματισμό εργαζομένου λόγω ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο. ....	57
Σχήμα 27. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου από πτώση του λόγω ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο .....	58
Σχήμα 28. Διάγραμμα Fault Tree για την οπτική κόπωση εργαζομένου λόγω ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο .....	59
Σχήμα 29. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από πτώση από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και κινητά) .....	61
Σχήμα 30. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο πτώσης από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και κινητά). ....	63
Σχήμα 31. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο λόγω πτώσης από εργασία σε ικριώματα. ....	65
Σχήμα 32. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου που βρίσκεται στο δάπεδο λόγω πτώσης συναδέλφου του από εργασία σε ικριώματα .....	66
Σχήμα 33. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από επαφή σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο.....	68
Σχήμα 34. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο επαφής σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο.....	70

Σχήμα 35. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου που έρχεται σε επαφή με σωματίδια ή γρέζια κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο.....	72
Σχήμα 36. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο έκρηξης φιάλης υπό πίεση .....	75
Σχήμα 37. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο έκρηξης φιάλης υπό πίεση (συνέχεια Σχήματος 36).....	76
Σχήμα 38. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο έκρηξης φιάλης υπό πίεση.....	80
Σχήμα 39. Διάγραμμα Fault Tree για την πρόκληση πυρκαγιάς λόγω έκρηξης φιάλης υπό πίεση. ....	82
Σχήμα 40. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο διαρροής καυσίμου. ....	84
Σχήμα 41. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δεξαμενάς. ....	86
Σχήμα 42. Διάγραμμα Fault tree για την πρόκληση πυρκαγιάς λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δεξαμενάς. ....	87
Σχήμα 43. Διάγραμμα Fault tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δεξαμενάς. ....	88
Σχήμα 44. Διάγραμμα Fault tree για την μόλυνση περιβάλλοντος λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δεξαμενάς.....	89

## Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1. Ενδεικτικές ειδικότητες σε μηχανοστάσια τρένων και τα καθήκοντα τους. ....	8
Πίνακας 2. Ενδεικτικές θέσεις εργασίας σε μηχανοστάσια τρένων. ....	10
Πίνακας 3. Ενδεικτικοί κίνδυνοι που επιλέχθηκαν προς ανάλυση.....	16
Πίνακας 4. Συχνότητα εμφάνισης των ενδεικτικών κινδύνων. ....	90
Πίνακας 5. Συχνότητα εμφάνισης ελαφριού τραυματισμού/θανάτου του εργαζομένου ανά ενδεικτικό κίνδυνο. ....	91
Πίνακας 6. Συχνότητα εμφάνισης περιβαλλοντικών κινδύνων από όσους ενδεικτικούς κίνδυνους επιφέρουν αυτές τις καταστάσεις. ....	92
Πίνακας 7. Συχνότητα εμφάνισης καταστροφής εξοπλισμού από όσους ενδεικτικούς κίνδυνους που επιφέρουν καταστροφή. ....	92
Πίνακας 8. Συχνότητα εμφάνισης ελαφριού τραυματισμού/θανάτου εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του ενδεικτικού κινδύνου, από όσους κίνδυνους μπορεί να προκαλέσουν το συγκεκριμένο συμβάν.....	92

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα προσδιορισθούν και θα αναλυθούν οι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων σε χώρους μηχανοστασίου τρένων. Έπειτα θα εκτιμηθούν οι κίνδυνοι και οι βλαπτικοί παράγοντες που μπορεί να υπάρχουν στην εκάστοτε θέση εργασίας και στη συνέχεια θα αναλυθεί η φύση του κινδύνου, η σοβαρότητα του, η διάρκεια έκθεσης των εργαζομένων στον εκάστοτε κίνδυνο και η συχνότητα εμφάνισης του. Τέλος, θα εξαχθούν προτεινόμενα μέτρα ασφαλείας και μέτρα διαρκούς εφαρμογής, λαμβάνοντας υπόψη τις ισχύουσες νομοθεσίες, που στην περίπτωση που ακολουθηθούν από τον εργοδότη και τους εργαζομένους του μηχανοστασίου, θα βοηθήσουν σημαντικά στην μείωση της επικινδυνότητας ή ακόμη και στην εξάλειψη των κινδύνων στους χώρους εργασίας και τελικώς στην αποτροπή των εργατικών ατυχημάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1     Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται πρώτον το νομοθετικό πλαίσιο που εμπεριέχει την γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου και δεύτερον η συνοπτική περιγραφή του μηχανοστασίου τρένων και οι λειτουργίες του, καθώς και οι ειδικότητες των εργαζομένων. Όμως αρχικά θα πρέπει να γίνει κατανοητός ο λόγος που πραγματοποιείται η γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου πέραν από την υποχρέωση που ορίζει η νομοθεσία στους εργοδότες.

Η γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου είναι ένα σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος διαχείρισης της υγείας και ασφάλειας μίας εταιρείας. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια της συγκεκριμένης εργασίας, μπορεί να αποδώσει τους πιθανούς κινδύνους και επίσης με χρήση μεθόδων να υπολογισθούν τα γεγονότα ανά κάποιο χρονικό διάστημα που ενδεχομένως να συμβούν, λαμβάνοντας υπόψη ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι πάντα παρούσα.

Βασική προϋπόθεση για να είναι πιο αποτελεσματική η εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου (να μπορεί να αποφέρει μείωση ή εξάλειψη των κινδύνων) και κατ' επέκταση να είναι πιο αποτελεσματικό το σύστημα διαχείρισης της υγείας και ασφάλειας, θα πρέπει στην εταιρεία να υπάρχει θετική κουλτούρα υγείας και ασφάλειας. Με τον όρο κουλτούρα υγείας και ασφάλειας εννοούνται οι ενέργειες και η συμπεριφορά που ακολουθείται από κάθε άτομο της επιχείρησης, προκειμένου να πραγματοποιούνται οι εργασίες τους με τον ασφαλέστερο τρόπο.

Μία θετική κουλτούρα υγείας και ασφάλειας μπορεί να επηρεάσει θετικά πολλές πτυχές της εργασιακής δραστηριότητας, αναφορικά επηρεάζονται η ποιότητα, η αποτελεσματικότητα, η ανταγωνιστικότητα και τελικώς η κερδοφορία της (Cooper, 2001).

Όσον αφορά την ποιότητα, μπορεί να υπάρξει αυξημένη απόδοση των εργαζομένων και των παραγόμενων προϊόντων, λόγω των μειωμένων απουσιών (ελαχιστοποίηση ατυχημάτων) και την ενίσχυση της οργάνωσης. Όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα, έχει θετικό αντίκτυπο αφενός στην παραγωγικότητα των εργαζομένων και αφετέρου στην αγορά, καθώς μπορεί να προσελκύσει πιο εύκολα νέους συνεργάτες, εργαζομένους και πελάτες, που έχουν ως κριτήριο την υγεία και ασφάλεια, με

αποτέλεσμα να δημιουργείται και να ισχυροποιείται το αίσθημα δέσμευσης, αφοσίωσης και εμπιστοσύνης αυτών, για την εταιρεία. Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα, λόγω των μειωμένων απουσιών, είναι πιο πιθανόν οι εργασίες της εταιρείας να εκπληρώνονται εντός του αρχικά οριζόμενου χρονοδιαγράμματος και εντός προϋπολογισμού. Τα τελευταία αιτιολογούνται καθώς όταν υπάρξει ένα ατύχημα, πέραν από την επιβλαβή επιρροή στην ψυχική υγεία και στα κίνητρα του παθόντος και των συναδέλφων του, δημιουργούνται προβλήματα στους χρόνους εκπλήρωσης των απαιτούμενων εργασιών, καθώς υπάρχει απουσία του παθόντος, επίσης αφιερώνεται χρόνος για την περίθαλψη αυτού (Α΄ βοήθειες) και για την αναγγελία/διερεύνηση του ατυχήματος. Επιπροσθέτως ενδεχομένως να υπάρξει δυσλειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας και πιθανές καταστροφές εξοπλισμού που επιφέρουν χρόνο και κόστος αντικατάστασης. Επιπλέον σημαντικό κόστος υπάρχει και όσον αφορά τη αποπληρωμή ιατρικών και δικαστικών εξόδων κ.ά..

Για να καταστεί δυνατή η δημιουργία μίας θετικής κουλτούρας υγείας και ασφάλειας και να βελτιώνεται συνεχώς, θα χρειασθεί η ενεργός συμμετοχή της επιχείρησης, των διευθυντικών στελεχών αλλά και των εργαζομένων. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να υπάρχει αμοιβαία εμπιστοσύνη μεταξύ των εργαζομένων, κοινές πεποιθήσεις για τη σημαντικότητα της υγείας και ασφάλειας στην εργασία και δέσμευση για κοινές στάσεις, συμπεριφορές, αξίες καθώς και τήρηση των προληπτικών μέτρων ασφαλείας και των μέτρων προστασίας. Τα διευθυντικά στελέχη είναι πολύ σημαντικά στη διατήρηση και βελτίωση της κουλτούρας υγείας και ασφάλεια, καθώς είναι οι αρμόδιοι για την επίβλεψη της τήρησης των προληπτικών μέτρων από τους υφισταμένους τους και για την εκμάθηση, διαβούλευση και ενθάρρυνση τους για την ενεργό συμμετοχή τους στην συγκεκριμένη κουλτούρα. Έτσι οι διευθυντές δεσμεύονται στις αξίες της κουλτούρας και διαθέτουν χρόνο για την διαχείριση της. Πέραν από τα διευθυντικά στελέχη, η επιχείρηση πρέπει να τους διαθέτει σαφείς στόχους των συστημάτων διαχείρισης υγείας και ασφάλειας και να παρέχει επαρκείς πόρους και εκπαιδεύσεις για να καταστούν εφικτοί οι συγκεκριμένοι στόχοι. Τέλος, για τη λειτουργία των συγκεκριμένων συστημάτων και την ανάδειξη της θετικής κουλτούρας υγείας και ασφάλειας στην εταιρεία, είναι σημαντικό μετά τα εφόδια που θα παρέχονται στους εργαζομένους, να τηρούν και οι ίδιοι τους κανόνες και οδηγίες ασφαλείας και να συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες.

Όπως προαναφέρθηκε για να λειτουργήσουν πιο ορθά το σύστημα διαχείρισης ασφάλειας και να μπορέσουν να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις, θα χρειασθεί η αναγνώριση, ανάλυση και αξιολόγηση των κινδύνων και της επικινδυνότητας τους, στον εκάστοτε χώρο μίας επιχείρησης. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό να γραφεί η εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου με τη βοήθεια της ενεργού συμμετοχής των διευθυντών, εποπτών και των εργαζομένων, που παρέχουν σημαντικές πληροφορίες καθώς εργάζονται συστηματικά σε αυτούς τους χώρους και χρησιμοποιούν τον εξοπλισμό που υπάρχει.

Πιο συγκεκριμένα η γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου ορίζεται ως η διαδικασία εντοπισμού και πρόβλεψης των κινδύνων (αντικείμενα, ουσίες, καταστάσεις, μεθόδους που μπορούν να προκαλέσουν κάποια βλάβη/τραυματισμό<sup>1</sup>) και των επικίνδυνων γεγονότων (ανθρώπινα λάθη, αστοχία εξοπλισμού) στους χώρους εργασίας και η αξιολόγηση της επικινδυνότητας τους (σοβαρότητα, συχνότητα και πιθανότητα εμφάνισης ενός κινδύνου), με στόχο τον προσδιορισμό και την ιεράρχηση των μέτρων ασφαλείας και προστασίας που θα μειώσουν ή και θα εξαλείψουν, όπου καθίσταται δυνατό, τον εκάστοτε κίνδυνο<sup>2</sup>. Έτσι η γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου είναι ένα κομμάτι του συστήματος διαχείρισης ασφάλειας, αφού επιτρέπει στον εργοδότη, στο αρμόδιο τμήμα υγείας και ασφάλειας και στους διευθυντές να έχουν μία σαφή εικόνα των κινδύνων που υπάρχουν στους χώρους της επιχείρησης, ή μπορεί να δημιουργηθούν εάν συμβεί μία ροή άστοχων γεγονότων. Αυτό θα έχει ως επακόλουθο να δοθούν σχετικές αποφάσεις βάσει προτεραιοτήτων για την πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων και την ενημέρωση, καθοδήγηση, υποστήριξη και εκπαίδευση των εργαζομένων και των παρευρισκόμενων στους χώρους της εγκατάστασης.

### 1.1. Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο

Κάτωθι θα αναφερθεί το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο που εμπεριέχει την γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου, καθώς και ο γενικός κανονισμός κινήσεων (κυκλοφορίας και ελιγμών).

---

<sup>1</sup> <https://iosh.com/media/7146/mjw-iosh-sc-risk-assessment-10-february-2020.pdf>

<sup>2</sup> [https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard/risk\\_assessment.html](https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard/risk_assessment.html)

### 1.1.1. Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο που εμπεριέχει την Γραπτή Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου

Το 1996 δημοσιεύθηκε από την Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οδηγία 89/391/EEC προς τα κράτη μέλη της, προκειμένου οι εργοδότες, το προσωπικό μίας εταιρείας και οι επαγγελματίες της υγείας και ασφάλειας να υλοποιήσουν τις υποχρεώσεις τους σχετικά με την εκτίμηση των κινδύνων. Πιο συγκεκριμένα η οδηγία αναφέρει πως οι εργοδότες πρέπει υποχρεωτικά να διενεργούν εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου, εξετάζοντας όλες τις θέσεις εργασίας, ώστε να είναι εφικτή η πληρέστερη προστασία της ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων, μέσω της κατάλληλης λήψης μέτρων προστασίας<sup>3</sup>.

Σε συμμόρφωση της παραπάνω οδηγίας (υποχρέωση του εργοδότη διενέργειας εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου), εφαρμόστηκε το Προεδρικό Διάταγμα (Π.Δ.) 17/1996<sup>4</sup> το οποίο κωδικοποιήθηκε από τον Νόμο 3850/2010<sup>5</sup> (Κύρωση του Κώδικα νόμων για υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων)<sup>6</sup>. Ο συγκεκριμένος νόμος όσον αφορά τις ειδικές υποχρεώσεις του εργοδότη (άρθρα 42 και 43) αναφέρει ότι οφείλει να έχει στη διάθεσή του μια γραπτή εκτίμηση των κινδύνων που μπορούν να βλάψουν την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων, κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, κατά την επιλογή του εξοπλισμού εργασίας, κατά τη χωροθέτηση, κινδύνους συναφείς με την παραγωγική διαδικασία και χημικούς και βλαπτικούς παράγοντες. Η υλοποίηση της πραγματοποιείται από τον Τεχνικό Ασφαλείας (Τ.Α.) και τον Ιατρό Εργασίας (Ι.Ε.) είτε αν υπάρχουν, από την Εσωτερική Υπηρεσία Προστασία και Πρόληψης (ΕΣ.Υ.Π.Π.) ή Εξωτερική Υπηρεσία Προστασία και Πρόληψης (ΕΞ.Υ.Π.Π.). Στην εκτίμηση του επαγγελματικού κινδύνου, βάσει του συγκεκριμένου νόμου, οφείλεται να εμπεριέχονται αναλυτικά:

- Οι κίνδυνοι που είτε υπάρχουν είτε πιθανώς να εμφανισθούν στους χώρους εργασίας της επιχείρησης και μπορούν να επηρεάσουν την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων.

<sup>3</sup> <https://osha.europa.eu/en/legislation/guidelines/guidance-risk-assessment-work>

<sup>4</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/11A\\_96.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/11A_96.pdf)

<sup>5</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/84a\\_10.1275640659265.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/84a_10.1275640659265.pdf)

<sup>6</sup> <https://ypergasias.gov.gr/ergasiakes-scheseis/yegeia-kai-asfaleia-stin-ergasia/nomothesia-gia-tin-yaef/>

- Ο προσδιορισμός των υπαρχόντων αλλά και προτεινόμενων μέτρων προστασίας και ασφαλείας που θα περιορίσουν ή εξαλείψουν τον εκάστοτε κίνδυνο.
- Ο ποιοτικός και όπου είναι απαραίτητος ποσοτικός προσδιορισμός των βλαπτικών παραγόντων που επηρεάζουν την υγεία των εργαζομένων.
- Ο βαθμός σοβαρότητας του εκάστοτε κινδύνου, η συχνότητα εμφάνισης του και η διάρκεια έκθεσης των εργαζομένων στους προσδιορισμένους κινδύνους.

#### 1.1.2. Γενικός Κανονισμός Κινήσεων

Για τον καθορισμό της λειτουργίας του σιδηροδρόμου και των αμαξοστοιχιών κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία ενός κανονισμού που δημοσιεύθηκε στην εφημερίδα της κυβερνήσεως με Αριθμό απόφασης ΑΣ10/77243/580 «Τροποποίηση του Γενικού Κανονισμού Κινήσεως - Μέρος Β' (Κανονισμός Κυκλοφορίας και Ελιγμών).» (ΦΕΚ Β' 698/2019)<sup>7</sup>. Με την συγκεκριμένη απόφαση επιτυγχάνεται η εναρμόνιση με την ευρωπαϊκή νομοθεσία για την ασφάλεια και λειτουργία του σιδηροδρόμου και συμπεριλαμβάνονται διατάξεις του Ευρωπαϊκού Συστήματος Διαχείρισης της Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας (ERTMS). Όσον αφορά την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων είναι σημαντικός νόμος καθώς καθορίζονται μεταξύ άλλων:

- διαδικασίες (π.χ. διαδικασία ζεύξης-απόζευξης τροχαίου υλικού),
- θέσεις εργασίας/αρμοδιότητες/καθήκοντα,
- τρόποι και κανόνες επικοινωνίας (π.χ. μεταξύ μηχανοδηγών και κλειδούχων)
- ασφαλείς αλλαγές τροχιάς/χειρισμός,
- συντηρήσεις (π.χ. συστημάτων σταθμών, όπως σήματα σταθμού),
- τεχνικοί έλεγχοι,
- ασφαλή πέδηση/στάθμευση αμαξοστοιχίας,
- σύνθεση/κίνηση/ελιγμοί και ταχύτητα αμαξοστοιχιών,

<sup>7</sup> <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/683123/yp.-apofasi-as10-77243-580-2019>

- οδηγίες σε περίπτωση αστοχιών (π.χ. βλάβη στην επικοινωνία, λειτουργία μόνο μίας γραμμής κίνησης)
- γενικοί κανόνες κυκλοφορίας.

Οπότε με τη βοήθεια του Γενικού Κανονισμού Κινήσεων αποσαφηνίζονται τα καθήκοντα των εργαζομένων και μπορεί να δημιουργηθούν σαφείς οδηγίες για πολλές εργασίες σχετικές με την λειτουργία του σιδηρόδρομου, ακόμη και σε περιπτώσεις δυσλειτουργιών/αστοχιών. Σε περίπτωση που τηρείται από την επιχείρηση και τους εργαζομένους ο συγκεκριμένος κανονισμός θα υπάρχει και μείωση των ατυχημάτων.

## 1.2. Περιβάλλον και θέσεις εργασίας

Ο Σιδηρόδρομος αποτελεί ένα σύστημα μεταφοράς σταθερής τροχιάς αγαθών/προϊόντων και επιβατών που λειτουργεί με τροχοφόρα οχήματα τα οποία μεταφέρονται πάνω σε δύο παράλληλες ράγες (ή αλλιώς τρένα, συρμοί). Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια του σιδηρόδρομου που αποσκοπεί στην εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία του, είναι οι χώροι των μηχανοστασίων οχημάτων σιδηροδρομικών γραμμών ή αλλιώς μηχανοστάσια τρένων. Στις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις εκτελούνται προκαθορισμένες επιθεωρήσεις, συντηρήσεις και επισκευές κινητήριων μονάδων, επιβατάμαξων και φορταμαξών που θα αναλυθούν πιο αναλυτικά κάτωθι.

Μία ενδεικτική περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας και λειτουργίας του μηχανοστασίου είναι η εξής: αρχικά εισέρχεται το τροχαίο υλικό στον χώρο για την πλύση του στους ειδικά διαμορφωμένους χώρους της εγκατάστασης, όπου καθαρίζεται στο εξωτερικό μέρος του από βούρτσες μηχανής πλύσεως. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η τροφοδοσία καυσίμων των κινητήριων μονάδων (σε περίπτωση ντιζελάμαξας ή δηζελάμαξας ή αλλιώς μηχανή τρένου που λειτουργεί με πετρέλαιο κίνησης). Αργότερα εκτελείται η επιθεώρηση του, στον αντίστοιχο χώρο επιθεώρησης. Οι χώροι επιθεώρησης συνήθως είναι υπόστεγα που εμπεριέχουν τάφρους και ανυψωτικούς εξοπλισμούς. Ενδεχομένως οι συγκεκριμένοι χώροι να χωρίζονται ανάλογα με τον τύπο του τροχαίου υλικού (ελκτικές μηχανές ντιζελοκίνητες, ελκτικές μηχανές ηλεκτροκίνητες (ηλεκτράμαξες), οχήματα επιβατών (επιβατάμαξες), οχήματα φορτίων (φορτάμαξες)). Οι επιθεωρήσεις πραγματοποιούνται, μετά τον έλεγχο του φύλλου επισκευής το οποίο συμπληρώνει ο μηχανοδηγός και αναφέρει τυχόν

προβλήματα που δημιουργήθηκαν κατά την υλοποίηση του δρομολογίου. Οπότε στη συνέχεια πέρα από την ανάγνωση του συγκεκριμένου εγγράφου, πραγματοποιείται και ο προγραμματισμένος οπτικοακουστικός έλεγχος από το αρμόδιο προσωπικό, προκειμένου να βρεθούν τυχόν βλάβες του τροχαίου υλικού που δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμες από τον μηχανοδηγό. Επιπλέον των προγραμματισμένων επιθεωρήσεων και ελέγχων, πραγματοποιούνται και εργασίες συντήρησης ανάλογα με τον τύπο του τροχαίου υλικού, τις ώρες λειτουργίας του (εκτελεσμένα δρομολόγια) και της χιλιομετρικής απόστασης που έχουν διανύσει σε αυτά τα δρομολόγια.

Οι ενδεικτικές ειδικότητες του προσωπικού του μηχανοστασίου που εκτελούν την προαναφερόμενη συνήθη παραγωγική διαδικασία είναι:

Πίνακας 1. Ενδεικτικές ειδικότητες σε μηχανοστάσια τρένων και τα καθήκοντα τους.

Ενδεικτικές ειδικότητες προσωπικού μηχανοστασίου	Εργασίες που είναι αρμόδιοι να εκτελέσουν
Μηχανοδηγοί	Χειρισμός του τροχαίου υλικού στις σιδηροδρομικές γραμμές.
Κλειδούχοι	Έλεγχος ελιγμών και ρύθμιση των κλειδιών των σιδηροδρομικών γραμμών προκειμένου να χαράξουν την κατάλληλη πορεία που θα ακολουθήσει το τροχαίο υλικό μέσα στην εγκατάσταση του μηχανοστασίου, καθώς επίσης και η ζεύξη-απόζευξη των κινητήριων μονάδων και των βαγονιών.
Εφαρμοστές-τεχνίτες	Γενικών καθηκόντων για τον έλεγχο, την συντήρηση και την επισκευή του εξοπλισμού του τροχαίου υλικού (καθίσματα, πόρτες, σύστημα πέδησης κ.λπ.).
Ηλεκτρολόγοι	Έλεγχος, επισκευή και συντήρηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και του συσσωρευτή του τροχαίου υλικού.
Σωληνουργοί (υδραυλικοί)	Υπεύθυνοι για τις μεταλλικές επισκευές/κατασκευές και των υδραυλικών συστημάτων.

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Ψυχτικοί	Εργασίες ελέγχου, συντήρησης, επισκευής και αντικατάστασης κλιματιστικών μονάδων του τροχαίου υλικού.
Τεχνίτες παγίων μηχανημάτων και οχημάτων μεταφοράς	Συντήρηση, επισκευή και έλεγχο των πάγιων μηχανημάτων του μηχανοστασίου και τον οχημάτων μεταφοράς.
Συγκολλητές	Συγκολλήσεις για τις επείγουσες επισκευές τροχαίων υλικών και συγκολλήσεις εξοπλισμού.
Ηλεκτρονικοί	Συντήρηση, επισκευή και δοκιμές ηλεκτρονικού εξοπλισμού.
Ξυλουργοί	Κοπή ξύλων για επισκευές εξοπλισμού του τροχαίου υλικού.
Χειριστές ανυψωτικών μηχανημάτων	Χρήση ανυψωτικών μηχανημάτων (περανοφόρα, γερανοί, συρμοί βοηθείας, φορτωτές).
Μηχανικοί	Υπεύθυνοι για την εύρυθμη λειτουργία, καθοδήγηση, εποπτεία και λήψη αποφάσεων.
Καθαριστές	Καθαρισμός του τροχαίου υλικού.
Ελαιοχρωματιστές	Βαφές τροχαίου υλικού.
Φύλακες	Φύλαξη του μηχανοστασίου

Οι ενδεικτικές θέσεις εργασίας του μηχανοστασίου που εκτελούνται από την προαναφερόμενη συνήθη παραγωγική διαδικασία είναι:

Πίνακας 2. Ενδεικτικές θέσεις εργασίας σε μηχανοστάσια τρένων.

Ενδεικτικές θέσεις εργασίας του μηχανοστασίου	Περιγραφή θέσης
Συνεργείου Υποδαπέδιου τórνου	<p>Ο υποδαπέδιος τórνος είναι εξοπλισμός CNC τórνος σε στάθμη περίπου -2,50m και χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμένο έλεγχο των τροχών ή για την κατεργασία των φθαρμένων τροχών ενός τροχαίου υλικού με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους. Η διαδικασία είναι η ακόλουθη: αρχικά τοποθετείται το τροχαίο υλικό (σε περίπτωση βαγονιού με ρυμούλκηση από τράκτορα ο οποίος κινείται πάνω στις ράγες) στην κατάλληλη θέση ώστε να ασφαλισθούν οι συγκεκριμένοι τροχοί και από τις δύο πλευρές του άξονα. Αφού ασφαλισθούν, εκτελείται το πρόγραμμα CNC (έλεγχος και τórνευση σε περίπτωση φθοράς του τροχού). Ο εργαζόμενος παρακολουθεί την διαδικασία τórνευσης μέσω οθονών που είναι συνδεδεμένες με κάμερες, καθώς υπάρχει προστατευτικό plexiglass που τον διαχωρίζει από την κατεργασία. Όταν τελειώσει ο έλεγχος και η κατεργασία, το τροχαίο υλικό απασφαλίζεται και απομακρύνεται από τον χώρο, με τον ίδιο τρόπο που εισήλθε. Αναφέρεται πως στον υποδαπέδιο τórνο υπάρχει διάταξη αεροσυμπιεστή για τη λειτουργία των πνευματικών συστημάτων του τórνου.</p>
Υπόστεγα συντήρησης τροχαίου υλικού	<p>Στα υπόστεγα συντήρησης τροχαίου υλικού πραγματοποιούνται οι εργασίες συντήρησης, επισκευής, προγραμματισμένων επιθεωρήσεων τροχαίου υλικού. Πριν την έναρξη των προαναφερόμενων εργασιών στα υπόστεγα εφαρμόζεται η πέδη στάθμευση από τον μηχανοδηγό στο τροχαίο υλικό, στη συνέχεια τοποθετούνται μεταλλικά πέδιλα σε έναν ή περισσότερους τροχούς, ακολούθως τοποθετείται πινακίδα stop στην είσοδο της θύρας του υποστέγου, που χρησιμοποιείται για εργασίες. Οι εργασίες γίνονται σε όλες τις επιφάνειες του τροχαίου υλικού (ανάλογα το είδος ελέγχου/συντήρησης): αυτές είναι οι εξωτερικές επιφάνειες, το εσωτερικό του τροχαίου υλικού, η οροφή και το κάτω μέρος τους. Για να καθίστανται εφικτές αυτές οι ενέργειες, είναι αναγκαία η χρήση τάφρων που υπάρχουν στα δάπεδα των υποστέγων, εξοπλισμού για εργασία σε ύψη (φορητές κλίμακες, ικριώματα και εξέδρες/καλαθοφόρα), ανυψωτικού εξοπλισμού για την ανύψωση του τροχαίου υλικού (ανυψωτικοί γρύλοι, γερανογέφυρες) κ.ά.. Στα υπόστεγα μεταξύ άλλων υπάρχει παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από εργοταξιακούς πίνακες, παροχή νερού, παροχή πεπιεσμένου αέρα, ενώ πιθανώς να υπάρχουν μόνιμα συστήματα απαγωγής καυσαερίων από τις μηχανές των τρένων. Για τις συγκεκριμένες εργασίες απασχολούνται ειδικότητες όπως σωληνουργοί, ηλεκτρολόγοι, εφαρμοστές, ψυκτικοί, συγκολλητές και λοιποί τεχνίτες.</p>

Πίνακας 2. (Συνέχεια).

Υπαίθριοι χώροι συντήρησης τροχαίου υλικού/περιστροφική πλάκα	Συνήθως τα μηχανοστάσια έχουν μία μεγάλη ακάλυπτη επιφάνεια για την ασφαλή κίνηση και στάθμευση του τροχαίου υλικού και την κυκλοφορία αυτοκινήτων και λοιπών οχημάτων που χρειάζονται για την ολοκλήρωση εργασιών. Πιθανώς στον υπαίθριο χώρο τοποθετείται και μία περιστροφική πλάκα για την πιο εύκολη εισαγωγή των τροχαίων υλικών στα επιμέρους υπόστεγα. Η περιστροφική πλάκα έχει καμπίνα χειρισμού στην οποία δίνεται η δυνατότητα στον χειριστή να είναι στο οπτικό του πεδίο το εξωτερικό περιβάλλον.
Δοκιμαστήριο Ηλεκτρονικού Εργαστηρίου	Χώρος όπου πραγματοποιείται η επισκευή και ο έλεγχος των ηλεκτρονικών συστημάτων του τροχαίου υλικού. Για τις συγκεκριμένες ενέργειες χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία πάγκου (πένσες, κατσαβίδια κ.λπ.), ηλεκτρικά εργαλεία (τροχός, δράπανο) και πεπιεσμένος αέρας.
Αποθήκες	Χώρος αποθήκευσης ανταλλακτικών, εξοπλισμού και πρώτων υλών για την τροφοδοσία των τμημάτων του μηχανοστασίου.
Χώροι πλυσίματος	Συνήθως υπαίθριος χώρος που πλένεται η εξωτερική επιφάνεια του τρένου. Η διαδικασία είναι η εξής: αρχικά άφιξη του τρένου και στη συνέχεια με κινήσεις του τροχαίου υλικού επάνω στις ράγες και με βούρτσες καθαρίζεται.
Χώρος ανεφοδιασμού καυσίμων	Υπόγειες δεξαμενές για την αποθήκευση υγρών καυσίμων και παροχές για την τροφοδότηση των διζελαμαζών.
Μηχανουργείο επισκευής αεροσυμπιεστών / Δοκιμαστήριο	Στα μηχανοστάσια σε πολλές εργασίες χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας, όποτε είναι εγκατεστημένα και συστήματα αεροσυμπιεστών για την παραγωγή του και τη διανομή του στα επιμέρους συνεργεία. Τα συγκεκριμένα συστήματα τοποθετούνται σε στεγασμένους χώρους ή σε υπαίθριους χώρους με σκέπαστρο προστασίας από καιρικές συνθήκες. Επίσης για τη συντήρηση και τον έλεγχο τους υπάρχει το δοκιμαστήριο. Ο χώρος του δοκιμαστηρίου περιέχει ηχομονωτικά τοιχώματα και όταν πραγματοποιείται ο έλεγχος δοκιμών η πόρτα του χώρου παραμένει κλειστή.
Ξυλουργείο	Χώρος που κόβονται τα ξύλα για την χρήση τους στις εργασίες που πραγματοποιούνται στα υπόστεγα. Για την κοπή των ξύλων χρησιμοποιείται τροχός και άλλα εξαρτήματα/μηχανές.
Συνεργείο συντήρησης συσσωρευτών	Χώρος που επισκευάζονται οι συσσωρευτές των μηχανών. Οι συγκεκριμένες εργασίες εκτελούνται από ηλεκτρολόγους
Συνεργείο παγίων μηχανημάτων και οχημάτων	Χώρος συντήρησης, επισκευής και έλεγχος των παγίων μηχανημάτων του μηχανοστασίου και των οχημάτων

Πίνακας 2. (Συνέχεια).

Συνεργείο συγκολλητών	Χώρος που πραγματοποιούνται οι εργασίες συγκόλλησης (συγκόλληση πάγκου).
Συνεργείο ηλεκτρολόγων	Χώρος που πραγματοποιούνται οι ηλεκτρολογικές εργασίες.
Συνεργεία σωληνουργών	Χώρος που πραγματοποιούνται οι υδραυλικές εργασίες.
Βαφείο	Χώρος που βάφονται εξαρτήματα ή μέρη του τροχαίου υλικού.
Χώρος βιολογικού καθαρισμού λυμάτων	Χώρος δεξαμενής για τη συλλογή της λυματολάσπης του τροχαίου υλικού.
Φυλάκια	Μικρές εγκαταστάσεις στις εισόδους και εξόδους ή σε άλλα σημεία του μηχανοστασίου, που αποσκοπούν στην φύλαξη του χώρου από εξωτερικούς κίνδυνους και πιθανώς να εμπεριέχουν και συστήματα καμερών.
Χώροι γραφείων	Χώρος που εκτελούνται εργασίες γραφείων με οθόνες οπτικής απεικόνισης για τον προγραμματισμό, σχεδιασμό, οργάνωση και συντονισμό των διαδικασιών του μηχανοστασίου.

Ενδεικτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για τις ανωτέρω παραγωγικές διαδικασίες είναι: ελάσματα, λάμες, μορφοσίδερο, σωληνώσεις, εξαρτήματα ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών δικτύων (π.χ. καλώδια), μονωτικά, ξύλα, ηλεκτρόδια, πεπιεσμένα αέρια που χρησιμοποιούνται για τις συγκολλήσεις (αδρανή αέρια, οξυγόνο, ασετιλίνη κ.ά.), χημικά υγρά και σπρέι (π.χ. αντισκωριακά), καυστικά υλικά, λάδια/γράσσα, απορρυπαντικά (καθαριστικό υγρά κ.ά.).

Ο ενδεικτικός εξοπλισμός εργασίας που χρησιμοποιείται στις προαναφερόμενες εργασίες είναι διάφορα εργαλεία πάγκου (πένσες, κατσαβίδια, σφυριά κ.ά.), τροχός, δράπανο, αερόκλειδο, μανέλλες, κολαούζο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2      Ανάλυση κινδύνων

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ενδεικτικοί κίνδυνοι που υπάρχουν σε ένα μηχανοστάσιο τρένων για μερικές εργασίες των προαναφερόμενων θέσεων εργασιών και η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, ώστε να πραγματοποιηθεί η εκτίμηση επικινδυνότητας αυτών των κινδύνων. Θα αποδοθούν τα μέτρα ασφαλείας και τα μέτρα προστασίας για τον εκάστοτε κίνδυνο, που μπορούν να αποτρέψουν το ατύχημα, καθώς και θα υπολογισθεί η πιθανότητα αστοχίας τους. Τέλος θα παρουσιασθούν και θα συγκριθούν τα αποτελέσματα του εκάστοτε κινδύνου, όπως η συχνότητα εμφάνισης κινδύνου, συχνότητα εμφάνισης τραυματισμού/θανάτου εργαζομένου κ.ά. και θα πραγματοποιηθεί μία σύνοψη των μέτρων ασφαλείας και προστασίας.

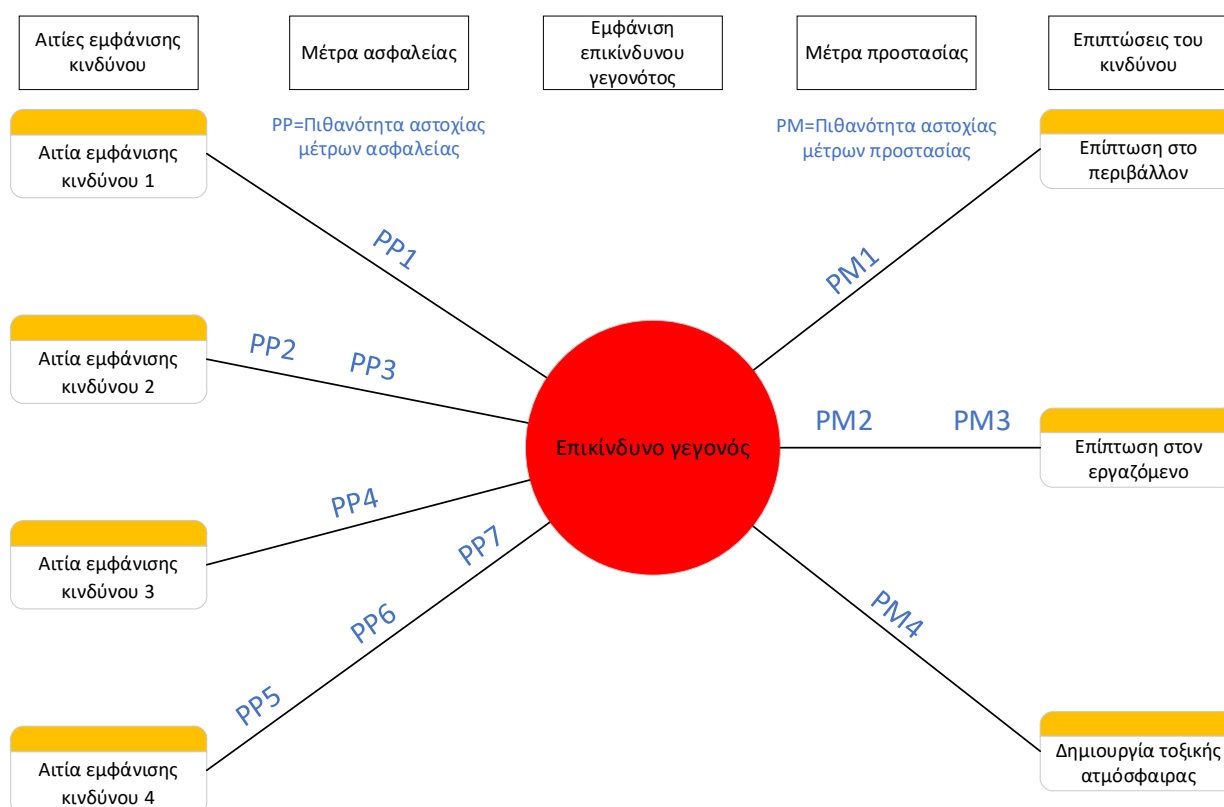
### 2.1. Μεθοδολογία Εκτίμησης Επαγγελματικού κινδύνου

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ποσοτική εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου για εργασίες σε μηχανοστάσια τρένων. Για αυτό το λόγο θα αναλυθεί η ποσοτική εκτίμηση ατομικής διακινδύνευσης σε κάποιες εργασίες των προαναφερόμενων θέσεων εργασίας ή αλλιώς μέθοδος ORA (Occupational Risk Assessment) ή η συχνότητα εμφάνισης μίας επίπτωσης σε έναν εργαζόμενο, λόγω της επαναλαμβανόμενης ή σπάνιας έκθεσης του σε εμφανιζόμενους κινδύνους που υπάρχουν στις εξεταζόμενες θέσεις εργασίας. Η συγκεκριμένη μέθοδος διερευνά αναλυτικά τα αίτια πρόκλησης ενός ατυχήματος, βάσει του ποσοστού έκθεσης των εργαζομένων σε βλαπτικούς παράγοντες καθώς και την πιθανότητα δημιουργίας επίπτωσης στην υγεία του εργαζομένου (τραυματισμός/θάνατος). Βασική ιδέα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι ο εργαζόμενος μεταφέρεται στον χώρο και δεν εργάζεται εξ' ολοκλήρου στην ίδια θέση εργασίας. Με τη μέθοδο ORA είναι δυνατόν να υπολογισθούν με ακρίβεια η συχνότητα εμφάνισης διαφόρων ατυχημάτων από την εμφάνιση ενός επικίνδυνου συμβάντος και για αυτό επιλέγεται.

Για τον κάθε κίνδυνο υπάρχουν κάποιοι παράγοντες ή αίτια που τον προκαλούν. Για την μείωση της εμφάνισης του κινδύνου, υπάρχει ένα πλήθος μέτρων ασφαλείας. Σε περίπτωση αστοχίας των μέτρων ασφαλείας, θα εμφανισθεί ο κίνδυνος. Όμως για την αποτροπή του ανεπιθύμητου γεγονότος ή τη μείωση των επιπτώσεων π.χ. στον

εργαζόμενο ή στο περιβάλλον, δημιουργούνται τα μέτρα προστασίας, που με τη σειρά τους, αν αστοχήσουν θα επιφέρουν διάφορες επιπτώσεις όπως τραυματισμούς στον εργαζόμενο ή ρύπανση του περιβάλλοντος ή καταστροφή εξοπλισμό κ.ά.. Τα μέτρα ασφαλείας και προστασίας μπορεί να είναι τεχνικά, όπως προστατευτικές διατάξεις σε εξοπλισμό. Επιπλέον μπορεί να είναι εργασιακά, όπως οδηγίες και κανόνες ασφαλείας, καθώς και οργανωτικά όπως επιλογή πιστοποιημένου εξοπλισμού και αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία.

Για να γίνουν πιο εύκολα αντιληπτά τα ανωτέρω, χρησιμοποιείται το σχήμα bow-tie:

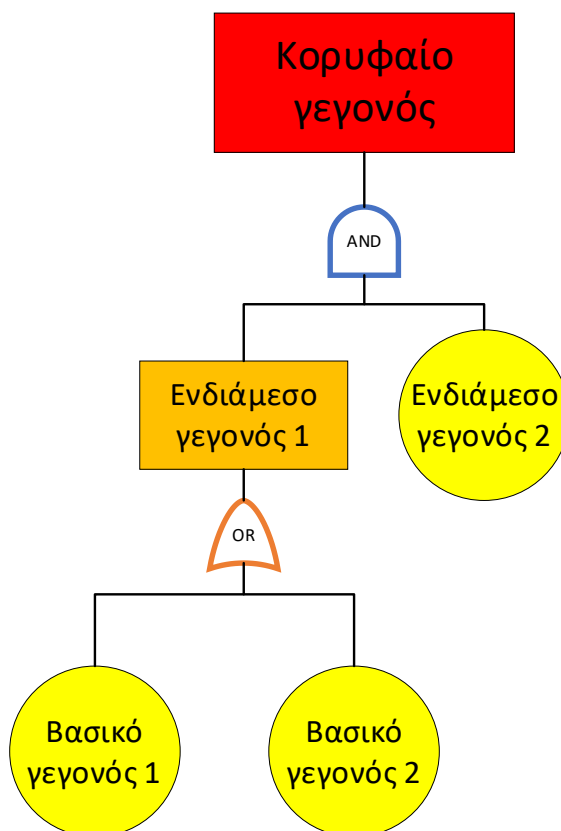


Σχήμα 1. Παράδειγμα σχήματος Bow-tie

Ωστόσο για να υπολογισθεί η συχνότητα εμφάνισης του επικίνδυνου γεγονότος θα πρέπει να υπολογισθεί η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου και η συχνότητα εκτέλεσης της εργασίας. Για να υπολογισθεί η πιθανότητα εμφάνισης του επικίνδυνου γεγονότος πρέπει να συνυπολογισθούν οι πιθανότητες αστοχίας των μέτρων ασφαλείας (PP) βάσει των διασυνδέσεων τους και την ακολουθία των γεγονότων. Αντίστοιχα και για την πιθανότητα εμφάνιση της εκάστοτε επίπτωσης πρέπει να συνυπολογισθούν οι πιθανότητες αστοχίας των μέτρων προστασίας (PM) βάσει των διασυνδέσεων τους και την ακολουθία των γεγονότων. Οι παραπάνω πιθανότητες υπολογίζονται με περισσότερη ακρίβεια κάνοντας χρήση του δέντρου αστοχιών. Συγκεκριμένα τα

δέντρα αστοχιών (Fault Trees) δείχνουν τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ διαφόρων γεγονότων και χρησιμοποιούν «συναγωγική λογική» δηλαδή, ξεκινούν με ένα κορυφαίο γεγονός και ερευνούν όλα τα πιθανά γεγονότα ή αιτίες που έχουν συνδράμει στην εμφάνιση αυτού (Κοντογιάννης, 2022).

Οι πιο συχνές συνδέσεις γεγονότων είναι με πύλη «AND», εάν πρέπει να συμβούν όλα τα γεγονότα για να ακολουθήσει το επόμενο γεγονός και με πύλη «OR» εάν μπορεί να ακολουθήσει το επόμενο γεγονός σε περίπτωση που εμφανισθεί έστω και ένα από τα προηγούμενα. Όταν υπάρχει πύλη «AND» οι πιθανότητες πολλαπλασιάζονται για να υπολογισθεί η πιθανότητα του γεγονότος εξόδου (αυτό που οδηγούν τα συνδυαζόμενα γεγονότα). Ενώ όταν υπάρχει πύλη «OR» η πιθανότητα εξόδου είναι ίση με  $P_{EE} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)$ , όπου  $P_i$  είναι η πιθανότητα εμφάνισης του εκάστοτε γεγονότος πριν την πύλη. Ακολουθεί σχηματικά ένα παράδειγμα Fault Tree:



Σχήμα 2. Παράδειγμα σχήματος Fault Tree

Έτσι εφόσον υπολογίζεται με περισσότερη ακρίβεια η πιθανότητα εμφάνισης του επικίνδυνου γεγονότος και γνωρίζοντας την συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης εργασίας στο έτος, μπορεί να υπολογισθεί η συχνότητα εμφάνισης του επικίνδυνου γεγονότος (f), πολλαπλασιάζοντας τα ανωτέρω.

Προχωρώντας την μέθοδο θα χρειασθεί να υπολογισθεί ο δείκτης πιθανής έκθεσης του εργαζομένου (E) στον κίνδυνο, που αναφέρει το ποσοστό εκτέλεσης των διαδικασιών-εργασιών ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο εκάστοτε κίνδυνος (π.χ. μία εργασία εκτελείται από δύο άτομα άρα E=0,5).

Τέλος θα πρέπει να συνυπολογισθεί και ο δείκτης τρωτότητας (V), που δείχνει την πιθανότητα του εργαζομένου να δεχθεί μία συνέπεια (τραυματισμό/θάνατο), εφόσον βρίσκεται εντός της περιοχής όπου μπορεί να εμφανισθεί ο κίνδυνος.

Με τα παραπάνω δεδομένα μπορεί να υπολογισθεί η ατομική διακινδύνευση (r) που αναφέρεται σε βλάβες ανά άτομο ανά έτος (βλάβες/άτομο/έτος), με τον όρο βλάβες εννοούνται π.χ. ο τραυματισμός ή θάνατος εργαζομένου, η καταστροφή υλικού κ.ά.. Η συνάρτηση που εκφράζει τη συχνότητα συνεπειών ( $r_{xwz}$ ) στη θέση εργασίας (x) λόγω ενός κινδύνου (w) που προκαλεί μία συγκεκριμένη συνέπεια (z) δίδεται από την παρακάτω σχέση μεταξύ τεσσάρων μεταβλητών:  $r_{xwz} = f_{xw} \cdot PM_{xw} \cdot E_{xwz} \cdot V_{xwz}$  (Κοντογιάννης, 2022).

## 2.2. Ενδεικτικοί κίνδυνοι σε διάφορες θέσεις εργασίας

Λόγω του μεγάλου εύρους εργασιών που υπάρχουν σε ένα μηχανοστάσιο τρένων, επιλέχθηκαν ενδεικτικά οι κάτωθι κίνδυνοι (Πίνακας 3.) που εμφανίζονται σε διάφορες εργασίες των θέσεων εργασιών που αναλύθηκαν στην ενότητα 2.2.:

Πίνακας 3. Ενδεικτικοί κίνδυνοι που επιλέχθηκαν προς ανάλυση

Κίνδυνος πρόσκρουσης τροχαίου υλικού σε άλλο/εκτροχιασμός.
Κίνδυνος εκτίναξης σωλήνας πεπιεσμένου αέρα κατά τη διαδικασία ζένυξης-απόζευξης.
Κίνδυνος πτώσης εργαζομένου σε τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο.
Κίνδυνος πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο.
Κίνδυνος εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών.
Κίνδυνος από σπάσιμο εργαλείου χειρός
Κίνδυνος ελλιπούς ορατότητας εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο
Κίνδυνος πτώσης εργαζομένου από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα).

Πίνακας 3. (συνέχεια)

Κίνδυνος επαφής σωματιδίων ή γραβιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο.
Κίνδυνος έκρηξης φιάλης υπό πίεση.
Κίνδυνος διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δεζηλάμαξας

### 2.2.1. Κίνδυνος πρόσκρουσης τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός

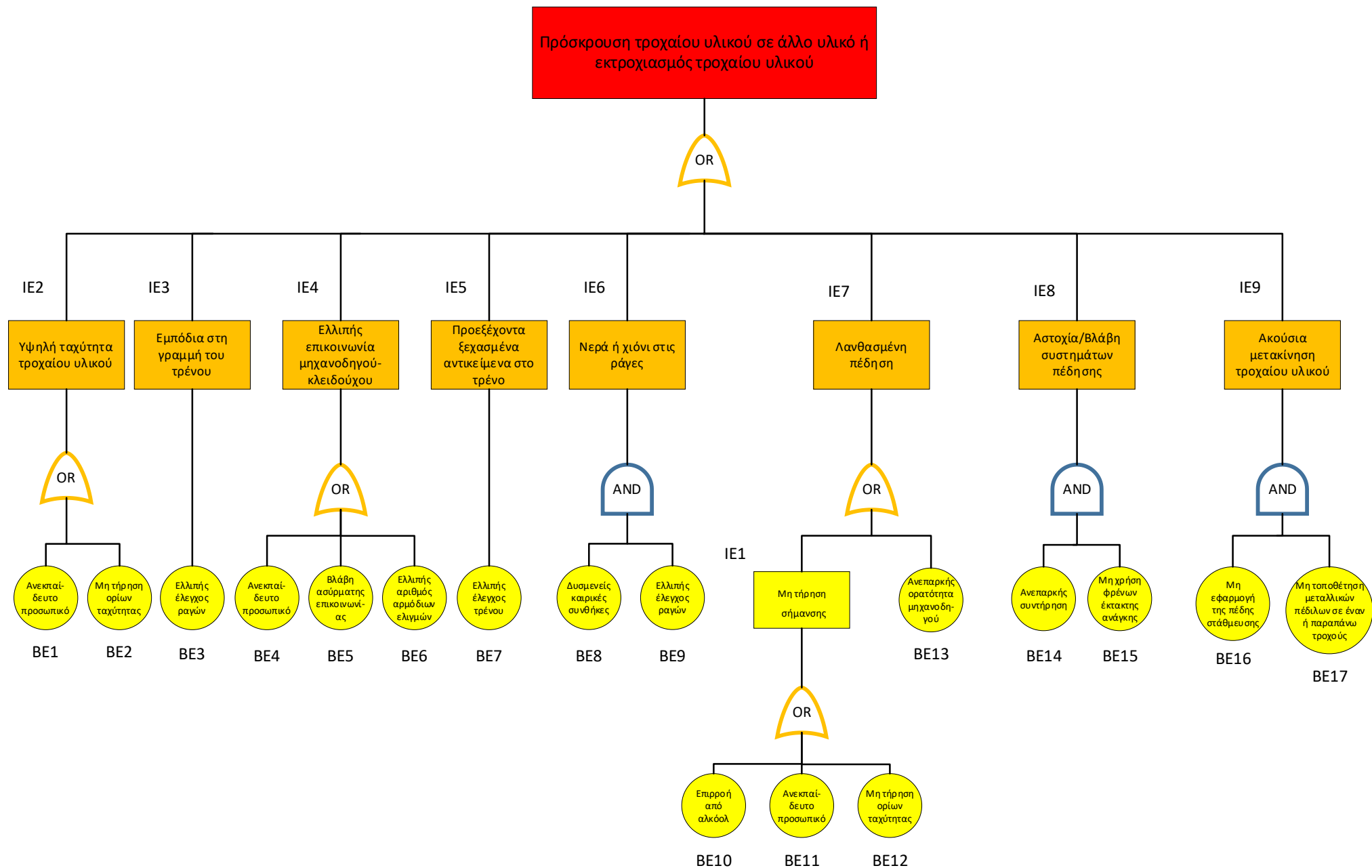
Κάτωθι θα αναλυθεί ο κίνδυνος πρόσκρουσης ενός τροχαίου υλικού με άλλο υλικό ή ο εκτροχιασμός του, κατά τη μετακίνηση του στους χώρους του μηχανοστασίου, με την βοήθεια δέντρου αστοχιών (fault-tree) και bow-tie.

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1} = 4 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2} = 8 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3} = 10^{-6}$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4} = 4 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5} = 8 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6} = 5 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7} = 10^{-6}$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8} = 0,001$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9} = 0,0001$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}} = 10^{-7}$
- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}} = 4 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}} = 8 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}} = 5 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>14</sub>,  $P_{BE_{14}} = 0,01$
- Για το BE<sub>15</sub>,  $P_{BE_{15}} = 0,005$
- Για το BE<sub>16</sub>,  $P_{BE_{16}} = 0,0005$
- Για το BE<sub>17</sub>,  $P_{BE_{17}} = 0,001$

Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = 1 - (1 - P_{BE_{10}}) \cdot (1 - P_{BE_{11}}) \cdot (1 - P_{BE_{12}}) = 1,21 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_2} = P_{BE_1} + P_{BE_2} - P_{BE_1} \cdot P_{BE_2} = 1,2 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_3} = P_{BE_3} = 10^{-6}$
- $PP_{IE_4} = 1 - (1 - P_{BE_4}) \cdot (1 - P_{BE_5}) \cdot (1 - P_{BE_6}) = 1,71 \cdot 10^{-5}$



Σχήμα 3. Δέντρο αστοχιών για πρόσκρουση τροχαίου υλικού σε άλλο υλικό ή εκτροχιασμός τροχαίου υλικού.

- $PP_{IE_5} = P_{BE_7} = 10^{-6}$
- $PP_{IE_6} = P_{BE_8} \cdot P_{BE_9} = 10^{-7}$
- $PP_{IE_7} = P_{BE_{13}} + PP_{IE_1} - P_{BE_{13}} \cdot PP_{IE_1} = 1,71 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_8} = P_{BE_{14}} \cdot P_{BE_{15}} = 5 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_{10}} = P_{BE_{16}} \cdot P_{BE_{17}} = 5 \cdot 10^{-7}$

Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_2}) \cdot (1 - PP_{IE_3}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) \cdot (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_7}) \cdot (1 - PP_{IE_8}) \cdot (1 - PP_{IE_9}) \cdot (1 - PP_{IE_{10}}) = 4,92 \cdot 10^{-5}$ .

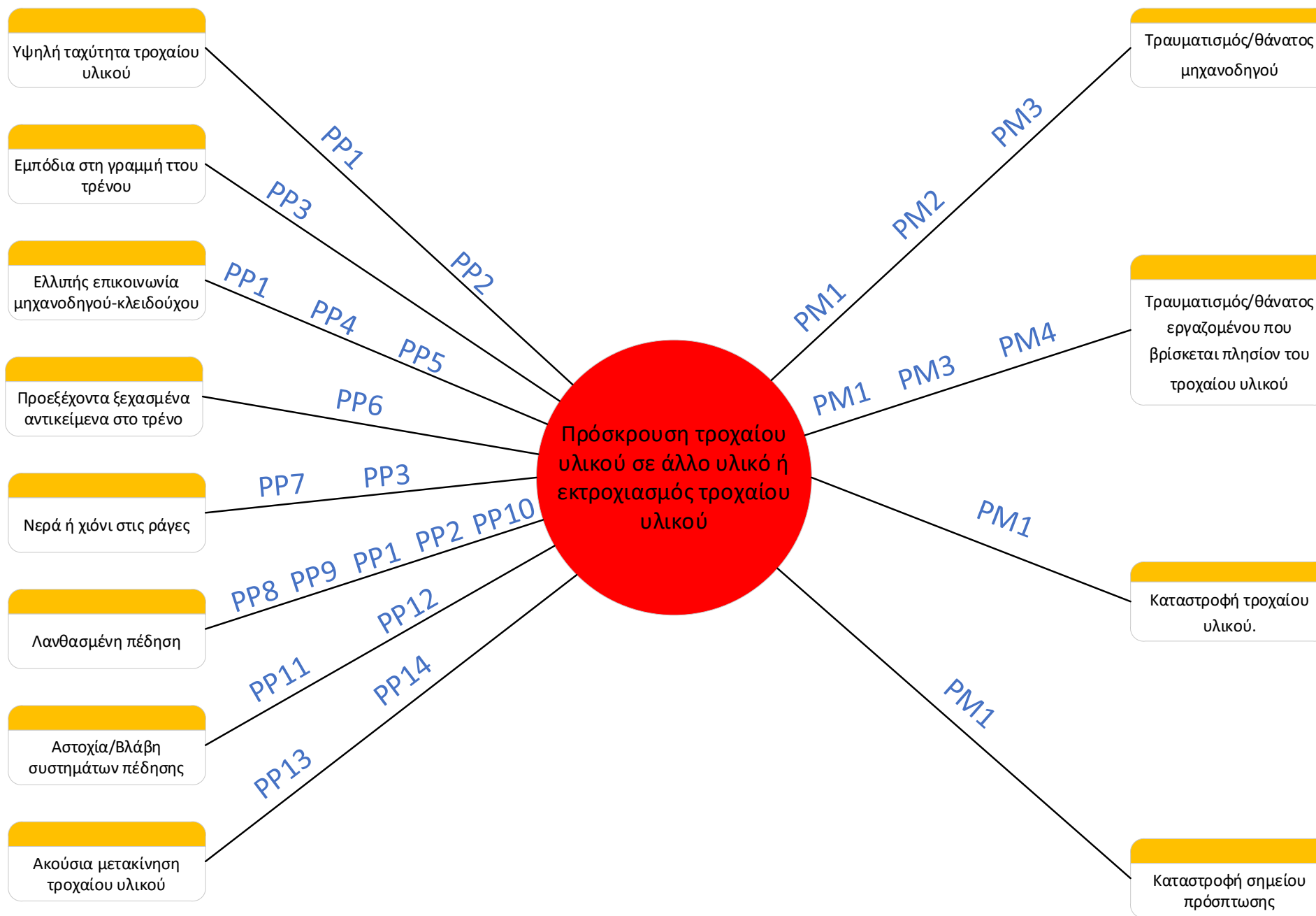
Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (κίνηση τροχαίου υλικού σε χώρους μηχανοστασίου). Πιο συγκεκριμένα εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, όπου το καθένα κάνει δύο (2) διαδρομές εντός του χώρου (εισαγωγή-εξαγωγή τροχαίου υλικού στο μηχανοστάσιο). Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 10.220 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F=10.220$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) πρόσκρουσης τροχαίου υλικού ή εκτροχιασμός εντός του χώρου του μηχανοστασίου ισούται με  $f = F \cdot p = 0,502813125 \approx 0,5$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/2 έτη.

Στο σχήμα Bow-tie ισχύει:

1. Εκπαιδευμένος μηχανοδηγός ( $PP_1$  πιθανότητα αστοχίας).
2. Τήρηση ορίων ταχύτητας από τον μηχανοδηγό ( $PP_2$  πιθανότητα αστοχίας).
3. Επαρκής έλεγχος των γραμμών εντός του μηχανοστασίου ( $PP_3$  πιθανότητα αστοχίας).
4. Εκπαιδευμένο προσωπικό ( $PP_1$  πιθανότητα αστοχίας).
5. Καλή λειτουργία των συσκευών ασύρματης επικοινωνίας ( $PP_4$  πιθανότητα αστοχίας).
6. Κατάλληλος αριθμός κλειδούχων ή αρμόδιων ελιγμών ( $PP_5$  πιθανότητα αστοχίας).

7. Έλεγχος για τυχόν προεξέχοντα αντικείμενα (σύμφωνα με τον Γ.Κ.Κ. ο διευθύνων τους ελιγμούς ειδοποιεί αυτούς που απασχολούνται επί των γραμμών και βεβαιώνεται περί του ότι τα τροχοφόρα και τα υποζύγια τους δεν διατρέχουν κανέναν κίνδυνο και ότι οι γέφυρες φόρτωσης αποσύρθηκαν. Επίσης, βεβαιώνεται περί του ότι οι θύρες των οχημάτων είναι κλειστές και γενικώς δεν προεξέχουν εξαρτήματα ή έτερα αντικείμενα από τα οχήματα, τα οποία θα μπορούσαν να προσκρούσουν επί των κρηπιδωμάτων και των υπόλοιπων μόνιμων εγκαταστάσεων) (PP<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
8. Καλές καιρικές συνθήκες (PP<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
9. Βεβαίωση από τον κλειδούχο ή αρμόδιο προσωπικό πως δεν έχουν συσσωρευθεί στις αλλαγές τροχιάς νερά ή χαλίκια, εν ανάγκη προβαίνει στον καθαρισμό τους (PP<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
10. Επαρκής ορατότητα μηχανοδηγού (PP<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).
11. Τήρηση της σήμανσης (π.χ. όριο ταχύτητας, stop κ.ά.) (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
12. Αλκοολογικές και ιατρικές εξετάσεις μηχανοδηγού (PP<sub>10</sub> πιθανότητα αστοχίας).
13. Συντήρηση/περιοδικός έλεγχος συστήματος πέδησης (PP<sub>11</sub> πιθανότητα αστοχίας).
14. Χρήση φρένων έκτακτης ανάγκης σύμφωνα με τον Γ.Κ.Κ. (PP<sub>12</sub> πιθανότητα αστοχίας).
15. Εφαρμογή πέδης στάθμευσης από μηχανοδηγό (PP<sub>13</sub> πιθανότητα αστοχίας).
16. Τοποθέτηση πεδίων σε έναν ή και περισσότερους τροχούς (PP<sub>14</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Πέδηση του τροχαίου υλικού (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Χρήση ζώνης ασφαλείας από μηχανοδηγό (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας)
3. Παροχή Α΄ βοηθειών (PM<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Χρήση απαιτούμενων Μ.Α.Π. (PM<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).

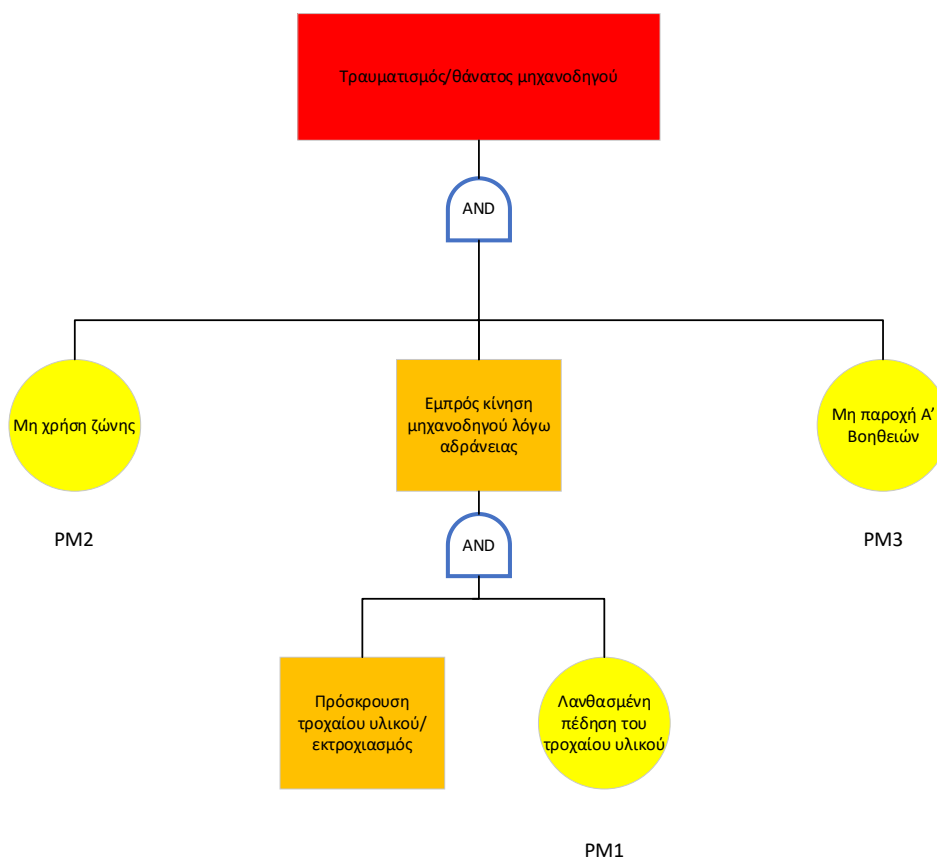


Σχήμα 4. Διάγραμμα Bow-tie για τον κίνδυνο πρόσκρουσης τροχαίου υλικού σε άλλο υλικό ή εκτροχιασμός τροχαίου υλικού.

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτης πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- $PM_1=0,1$
- $PM_2=0,5$
- $PM_3=0,3$
- $PM_4=0,4$

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό του μηχανοδηγού ή του εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του συμβάντος, θα χρειαστεί να δημιουργηθούν δύο (2) δέντρα αστοχιών.



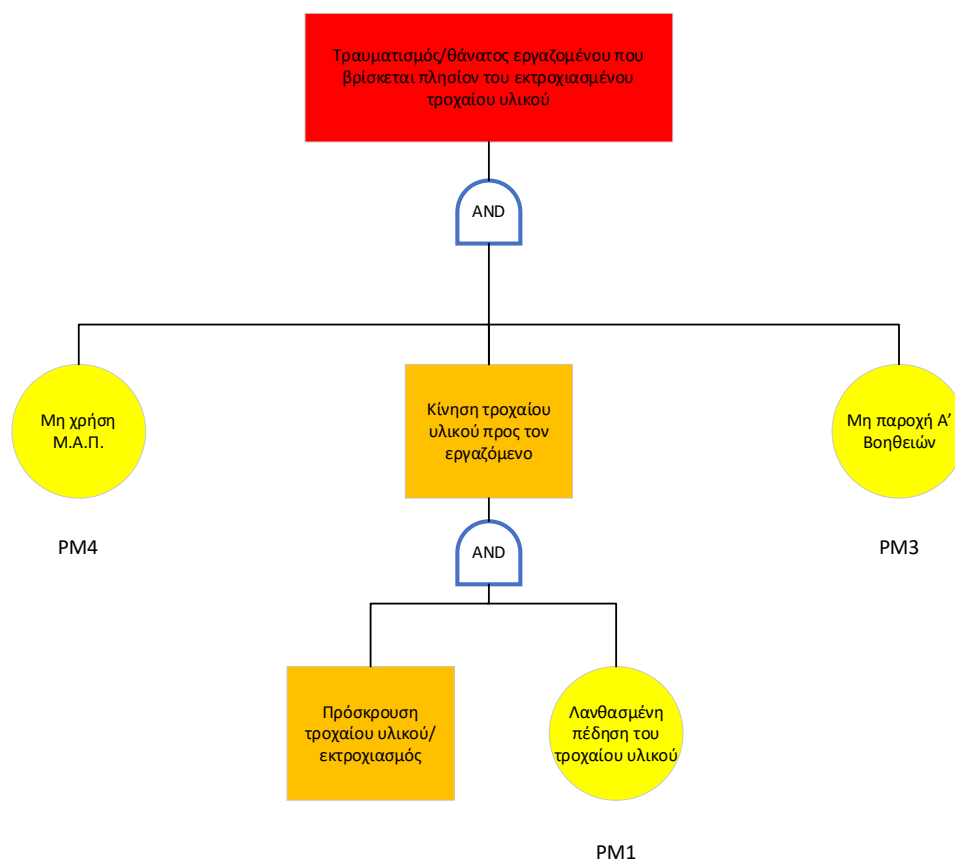
Σχήμα 5. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο μηχανοδηγού λόγω πρόσκρουσης/εκτροχιασμού τροχαίου υλικού.

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να ορισθεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για τον ελαφρύ τραυματισμό και  $V_2=0,001$  αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι εργάζονται δύο (2) μηχανοδηγοί στο μηχανοστάσιο, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης οδήγησης των τρένων που εισέρχονται και εξέρχονται στο μηχανοστάσιο ανά άτομο-εργαζόμενο, από την οποία εμφανίζεται ο κίνδυνος πρόσκρουσης τροχαίου υλικού/εκτροχιασμός είναι  $E=0,5$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του μηχανοδηγού με την εξίσωση  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_1 = 0,00037711 \approx 0,00038$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του μηχανοδηγού με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_2 \approx 3,8 \cdot 10^{-6}$  θάνατος/άτομο/έτος.



Σχήμα 6. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του εκτροχιασμένου τροχαίου υλικού.

Επιπροσθέτως εκτιμάται ότι οι λοιποί εργαζόμενοι εντός της ημέρας εργασίας τους περνούν πλησίον ραγών κατά 5%, όταν εκτελείται κάποιο δρομολόγιο εντός του μηχανοστασίου. Έτσι υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού και θανάτου του εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του τροχαίου υλικού που εκτροχιάζεται ή προσκρούει με άλλο υλικό με την εξίσωση:  $r_3 = p \cdot F \cdot 0,05 \cdot PM_1 \cdot PM_3 \cdot PM_4 \cdot V_1 \approx 3 \cdot 10^{-5}$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος και  $r_4 = p \cdot F \cdot 0,05 \cdot PM_1 \cdot PM_3 \cdot PM_4 \cdot V_2 \approx 3 \cdot 10^{-7}$  θάνατος/άτομο/έτος.

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή

$V_1=0,5$  για την ελαφριά καταστροφή και  $V_2=0,005$  αντίστοιχα για την βαριά καταστροφή. Επιπλέον γίνεται παραδοχή ότι το τροχαίο υλικό είναι πάντα παρόν, οπότε ( $E=1$ ).

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριάς καταστροφής του τροχαίου υλικού και της ελαφριάς καταστροφής του σημείου πρόσπτωσης  $r_5 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot V_1 = 0,025140656 \approx 0,02514$  ελαφριά καταστροφή/τροχαίο υλικό/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα βαριάς καταστροφής του τροχαίου υλικού (αχρήστευσης) και της σοβαρής καταστροφής του σημείου πρόσπτωσης  $r_6 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot V_2 = 0,00025140656 \approx 2,5 \cdot 10^{-4}$  σοβαρή καταστροφή/τροχαίο υλικό/έτος.

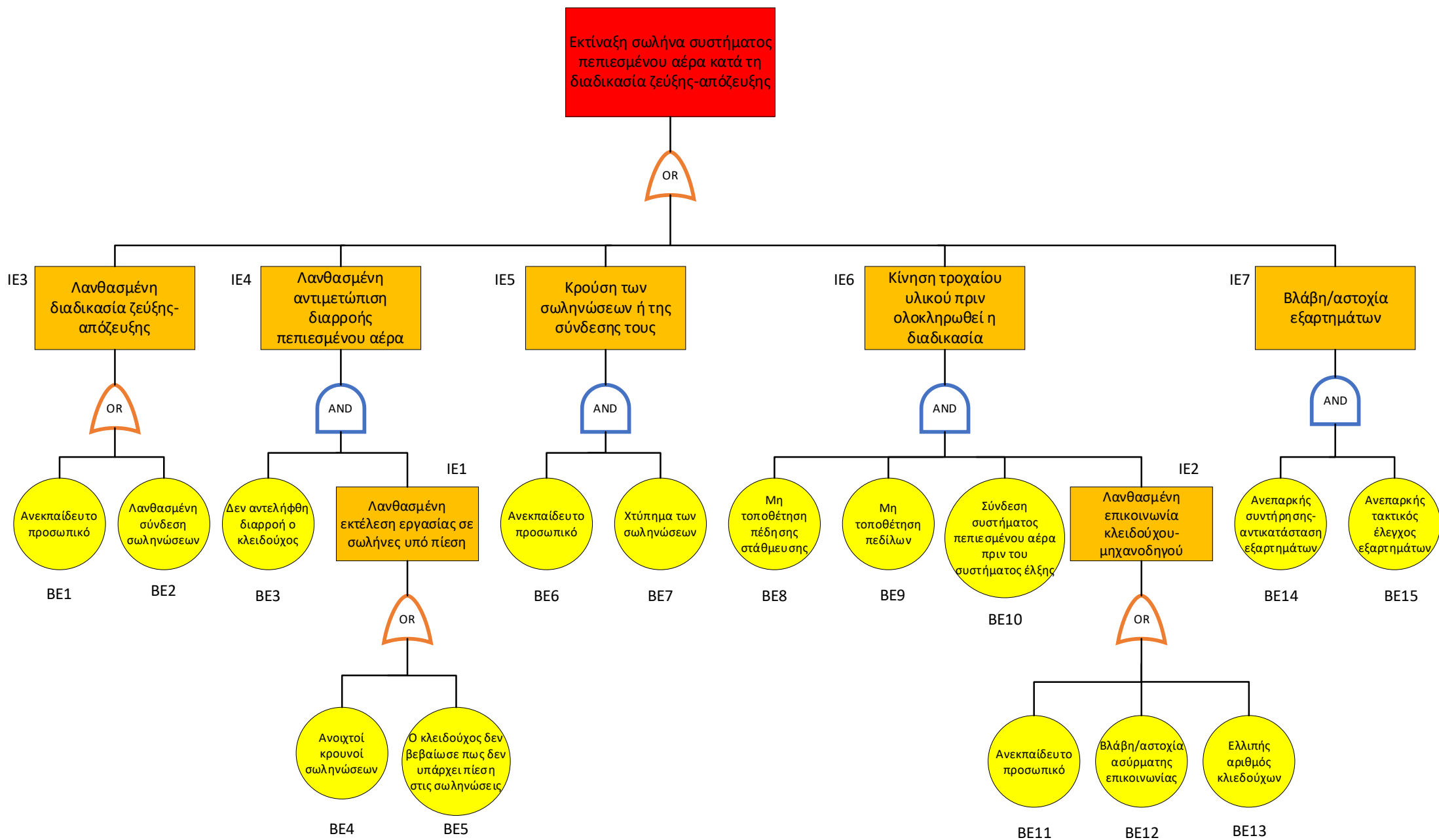
## 2.2.2. Κίνδυνος εκτίναξης σωλήνας κατά την διαδικασία ζεύξης-απόζευξης.

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1}=0,000001$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2}=0,000003$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,00005$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,000001$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=0,000002$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=0,000001$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,00001$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,0005$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=0,001$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}}=0,0001$
- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}}=0,000001$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}}=0,0001$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}}=0,00001$
- Για το BE<sub>14</sub>,  $P_{BE_{14}}=0,001$
- Για το BE<sub>15</sub>,  $P_{BE_{15}}=0,001$

Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = 1 - (1 - P_{BE_4}) \cdot (1 - P_{BE_5}) = 3 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_2} = 1 - (1 - P_{BE_{11}}) \cdot (1 - P_{BE_{12}}) \cdot (1 - P_{BE_{13}}) = 0,000111$
- $PP_{IE_3} = 1 - (1 - P_{BE_1}) \cdot (1 - P_{BE_2}) = 4 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_4} = P_{BE_3} \cdot P_{IE_1} = 1,5 \cdot 10^{-10}$
- $PP_{IE_5} = P_{BE_6} \cdot P_{BE_7} = 1 \cdot 10^{-11}$
- $PP_{IE_6} = P_{BE_8} \cdot P_{BE_9} \cdot P_{BE_{10}} \cdot P_{IE_2} = 5,55 \cdot 10^{-15}$



Σχήμα 7. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο εκτίναξης σωλήνα συστήματος πεπιεσμένου αέρα κατά τη διαδικασία ζεύξης-απόζευξης.

- $PP_{IE_7} = P_{BE_{14}} \cdot P_{BE_{15}} = 1 \cdot 10^{-6}$

Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_3}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) \cdot (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_7}) = 5 \cdot 10^{-6}$

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (ζεύξη-απόζευξη). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί κατά μέσο όρο να πραγματοποιηθεί τριανταπέντε (35) διαδικασίες ζεύξης και τριανταπέντε (35) διαδικασίες απόζευξης αντίστοιχα. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 25.550 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 25.550$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) εκτίναξης σωλήνωσης πεπιεσμένου αέρα κατά τη διαδικασία ζεύξης ή απόζευξης ισούται με  $f = F \cdot p = 0,127753909 \approx 0,13$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/8 χρόνια.

Στο σχήμα Bow-tie ισχύει:

1. Εκπαιδευμένος κλειδούχος ( $PP_1$  πιθανότητα αστοχίας).
2. Σωστή σύνδεση των σωληνώσεων ( $PP_2$  πιθανότητα αστοχίας).
3. Ο κλειδούχος αντιλαμβάνεται τη διαρροή του αέρα και δεν συνεχίζει την εκτέλεση εργασίας σε σωλήνες υπό πίεση ( $PP_3$  πιθανότητα αστοχίας).
4. Εκτέλεση εργασίας με κλειστούς κρουνοί ( $PP_4$  πιθανότητα αστοχίας).
5. Ο κλειδούχος βεβαίωσε πως δεν υπάρχει πίεση στις σωληνώσεις πριν αρχίσει την εκτέλεση της διαδικασίας ( $PP_5$  πιθανότητα αστοχίας).
6. Επίδειξη δέουσας προσοχής ώστε να μην χτυπηθούν οι σωληνώσεις του πεπιεσμένου αέρα (από άλλα αντικείμενα ή από τον εργαζόμενο) ( $PP_6$  πιθανότητα αστοχίας).
7. Εφαρμογή πέδης στάθμευσης από μηχανοδηγό ( $PP_7$  πιθανότητα αστοχίας).
8. Τοποθέτηση πεδίων σε έναν ή και περισσότερους τροχούς ( $PP_8$  πιθανότητα αστοχίας).

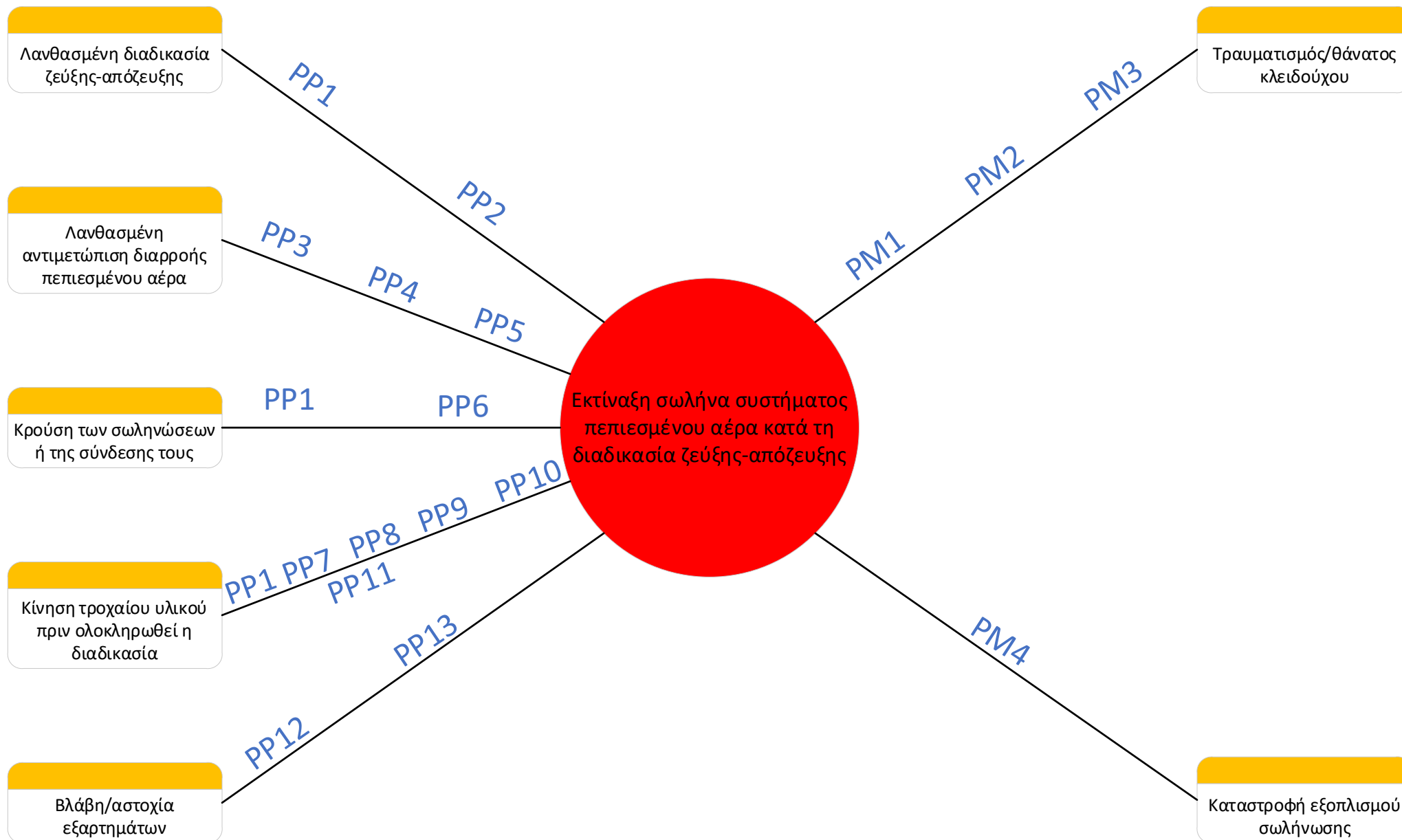
9. Σύνδεση πρώτα συστήματος έλξης και στη συνέχεια σύστημα πεπιεσμένου αέρα, σύμφωνα με τον Γ.Κ.Κ. (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
10. Καλή λειτουργία των συσκευών ασύρματης επικοινωνίας (PP<sub>10</sub> πιθανότητα αστοχίας).
11. Κατάλληλος αριθμός κλειδούχων ή αρμόδιων ελιγμών (PP<sub>11</sub> πιθανότητα αστοχίας).
12. Επαρκής συντήρηση του συστήματος πεπιεσμένου αέρα και σωστή αντικατάσταση εξαρτημάτων (PP<sub>12</sub> πιθανότητα αστοχίας).
13. Συνεπείς και επαρκείς τακτικοί έλεγχοι εξαρτημάτων του συστήματος πεπιεσμένου αέρα (PP<sub>13</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Σωστή στάση σώματος του κλειδούχου κατά τη διάρκεια των διαδικασιών (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας)
2. Χρήση απαιτούμενων Μ.Α.Π. (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Παροχή Α΄ βοηθειών (PM<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Δεμένη σωλήνωση στο τροχαίο υλικό (PM<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- PM<sub>1</sub>=0,7
- PM<sub>2</sub>=0,4
- PM<sub>3</sub>=0,3
- PM<sub>4</sub>=0,05

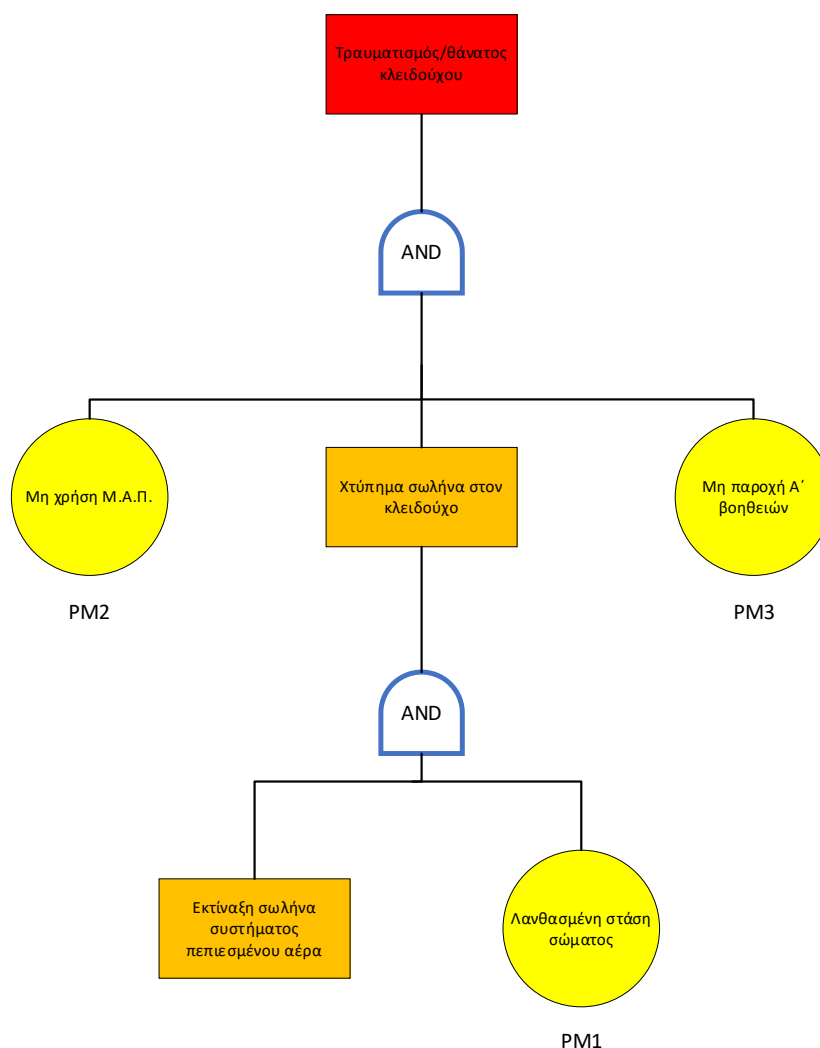
Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή V<sub>1</sub>=0,1 για τον ελαφρύ τραυματισμό και V<sub>2</sub>=0,001 αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι εργάζονται δεκαέξι (16) κλειδούχοι στο μηχανοστάσιο, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης των διαδικασιών ζεύξης-απόζευξης ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος εκτίναξης σωλήνα πεπιεσμένου αέρα, είναι E=0,0625.



Σχήμα 8. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο εκτίναξης σωλήνα συστήματος πεπιεσμένου αέρα κατά τη διαδικασία ζεύξης-απόζευξης.

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό του κλειδούχου, θα χρειαστεί η δημιουργία ενός δέντρου αστοχιών.



Σχήμα 9. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του κλειδούχου λόγω εκτίναξης σωλήνα συστήματος πεπιεσμένου αέρα.

Έτσι υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του κλειδούχου λόγω εκτίναξης της σωλήνωσης πεπιεσμένου αέρα, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_1 \approx 6,71 \cdot 10^{-5}$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Επίσης υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του κλειδούχου λόγω εκτίναξης της σωλήνωσης πεπιεσμένου αέρα, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_2 \approx 6,71 \cdot 10^{-7}$  θάνατος/άτομο/έτος.

Επιπροσθέτως επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία

τιμή  $V_1=0,6$  για την μικρή καταστροφή εξοπλισμού των σωληνώσεων τραυματισμό και  $V_2=0,006$  αντίστοιχα για την πλήρη καταστροφή (αχρήστευση) του εξοπλισμού. Επιπλέον γίνεται παραδοχή ότι η σωλήνωση είναι πάντα παρούσα, οπότε ( $E=1$ ).

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριάς καταστροφής του εξοπλισμού της σωλήνωσης λόγω της εκτίναξης του, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_4 \cdot V_1 = 0,003832617 \approx 0,003833$  ελαφριά καταστροφή/εξοπλισμό σωλήνωσης/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα πλήρους καταστροφής του εξοπλισμού της σωλήνωσης λόγω της εκτίναξης του, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_4 \cdot V_2 \approx 3,83 \cdot 10^{-5}$  ελαφριά καταστροφή/εξοπλισμό σωλήνωσης /έτος

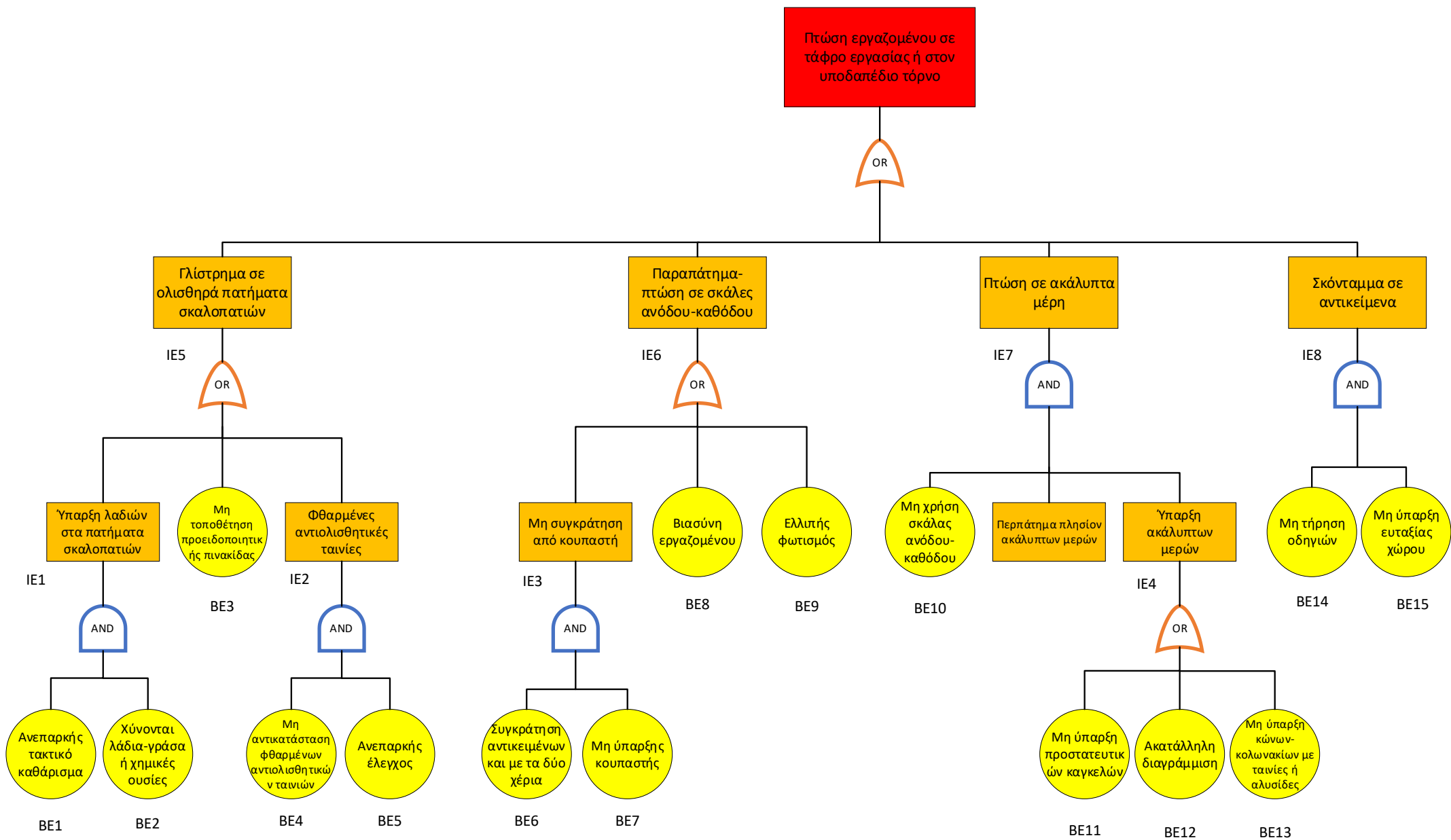
### 2.2.3. Κίνδυνος πτώσης εργαζομένου σε τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1}=0,0004$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2}=0,007$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,000003$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,0008$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=0,0015$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=0,001$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,0006$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,000003$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=0,0000007$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}}=0,00001$
- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}}=0,005$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}}=0,01$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}}=0,0004$
- Για το BE<sub>14</sub>,  $P_{BE_{14}}=0,0005$
- Για το BE<sub>15</sub>,  $P_{BE_{15}}=0,005$

Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = P_{BE_1} \cdot P_{BE_2} = 2,8 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_2} = P_{BE_4} \cdot P_{BE_5} = 1,2 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_3} = P_{BE_6} \cdot P_{BE_7} = 6 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_4} = 1 - (1 - P_{BE_{11}}) \cdot (1 - P_{BE_{12}}) \cdot (1 - P_{BE_{13}}) = 0,01534402$
- $PP_{IE_5} = 1 - (1 - P_{IE_1}) \cdot (1 - P_{BE_3}) \cdot (1 - P_{IE_2}) = 7 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_6} = 1 - (1 - P_{IE_3}) \cdot (1 - P_{BE_8}) \cdot (1 - P_{IE_9}) = 4,3 \cdot 10^{-6}$



Σχήμα 10. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο πτώσης εργαζομένου σε τάφρο εργασίας ή στον υποδαπέδιο τόρνο.

- $PP_{IE_7} = P_{BE_{10}} \cdot P_{IE_4} = 1,5344 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_8} = P_{BE_{14}} \cdot P_{BE_{15}} = 2,5 \cdot 10^{-6}$

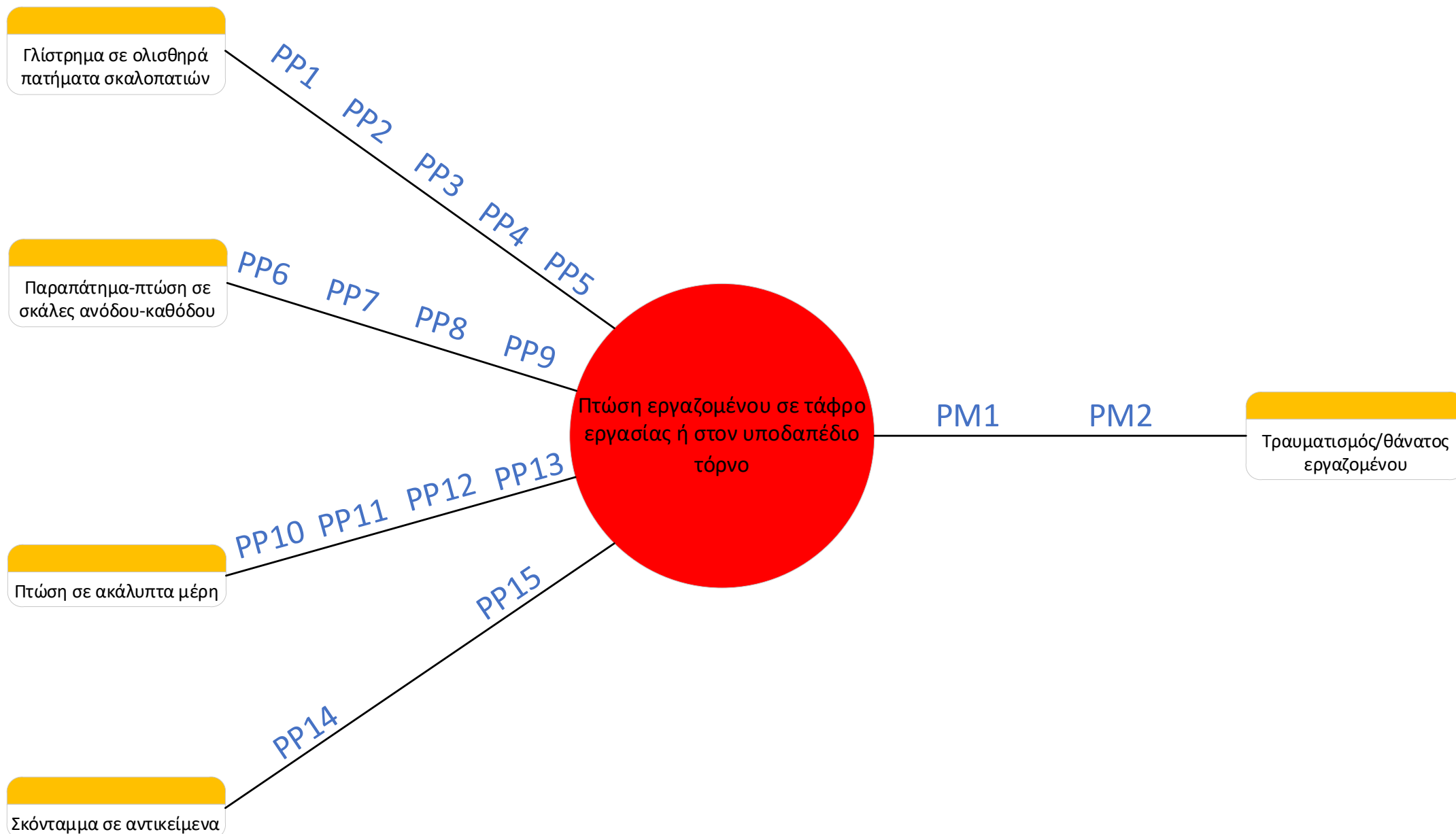
Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_7}) \cdot (1 - PP_{IE_8}) = 1,4 \cdot 10^{-5}$

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαρόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (εργασία σε τάφρο). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθούν και στα δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά εργασίες στις τάφρους (όπου ο εργαζόμενος θα χρησιμοποιήσει τις σκάλες ανόδου και καθόδου 2 φορές). Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας  $F$  ισούται με 10.220 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 10.220$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου ( $f$ ) πτώσης εργαζομένου σε τάφρο ή στον υποδαπέδιο τόρνο ισούται με  $f = F \cdot p = 0,14260334 \approx 0,1426$  γεγονόσ/έτος ή περίπου ένα γεγονός/7 έτη.

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Τακτικό καθάρισμα ( $PP_1$  πιθανότητα αστοχίας).
2. Δεν υπάρχουν χυμένα υπολείμματα λαδιών ή χημικών ουσιών στα πατήματα σκαλοπατιών της σκάλας ανόδου-καθόδου στις τάφρους ( $PP_2$  πιθανότητα αστοχίας).
3. Τοποθέτηση προειδοποιητικής πινακίδας ολισθηρότητας δαπέδου κατά τον καθαρισμό του δαπέδου μέχρι να στεγνώσει ( $PP_3$  πιθανότητα αστοχίας).
4. Έλεγχος για καλή κατάσταση αντιολισθητικών ταινιών στα πατήματα της σκάλας ( $PP_4$  πιθανότητα αστοχίας).
5. Αντικατάσταση φθαρμένων αντιολισθητικών ταινιών ( $PP_5$  πιθανότητα αστοχίας).
6. Συγκράτηση χειρολισθήρα ( $PP_6$  πιθανότητα αστοχίας).
7. Ύπαρξη χειρολισθήρα ( $PP_7$  πιθανότητα αστοχίας).
8. Κίνηση του εργαζομένου στις σκάλες αποφεύγοντας της τάφρου αποφεύγοντας βεβιασμένες ενέργειες. ( $PP_8$  πιθανότητα αστοχίας).



Σχήμα 11. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο πτώσης εργαζομένου σε τάφρο εργασίας ή στον υποδαπέδιο τόρνο.

9. Επαρκής φωτισμός (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
10. Χρήση σκάλας για την κάθοδο ή την άνοδο του εργαζομένου στην τάφρο (PP<sub>10</sub> πιθανότητα αστοχίας).
11. Ύπαρξη προστατευτικών κάγκελων (PP<sub>11</sub> πιθανότητα αστοχίας).
12. Κατάλληλη (κιτρινόμαυρη) διαγράμμιση στα σημεία της διαφοράς ύψους στην τάφρο (PP<sub>12</sub> πιθανότητα αστοχίας).
13. Χρήση κόνων-κολωνακίων με ταινίες ή αλυσίδες στα ακάλυπτα μέρη της τάφρου (PP<sub>13</sub> πιθανότητα αστοχίας).
14. Τήρηση οδηγιών από τους εργαζομένους (PP<sub>14</sub> πιθανότητα αστοχίας).
15. Ευταξία στον χώρο (PP<sub>15</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Χρήση απαιτούμενων Μ.Α.Π. (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Παροχή Α΄ βοηθειών (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).

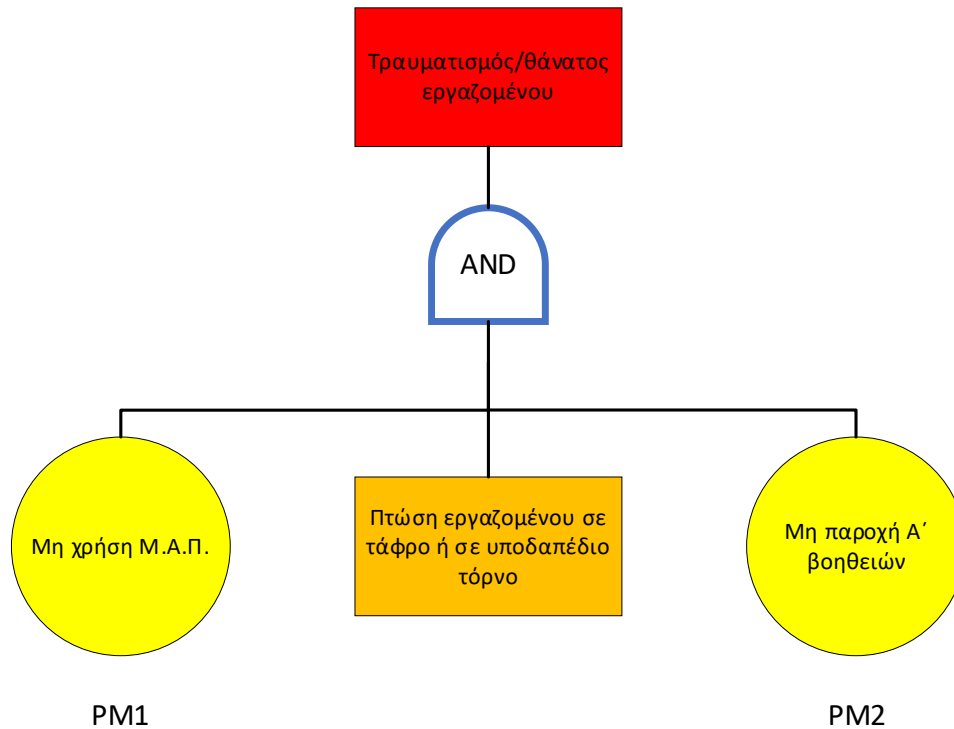
Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- PM<sub>1</sub>=0,4
- PM<sub>2</sub>=0,3

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή V<sub>1</sub>=0,6 για τον ελαφρύ τραυματισμό και V<sub>2</sub>=0,001 αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι εργάζονται δύο (2) εργαζόμενοι εντός των τάφρων εργασίας, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης εργασιών σε τάφρους εργασίας ανά άτομο-εργαζόμενο που εμφανίζεται ο κίνδυνος πτώσης σε αυτές, είναι E=0,5.

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό του εργαζομένου που εργάζεται στις τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο, θα χρειαστεί η δημιουργία ενός δέντρου αστοχιών:



Σχήμα 12. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου λόγω πτώσης του σε τάφρο ή σε υποδαπέδιο τόρνο.

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω πτώσης στην τάφρο ή σε υποδαπέδιο τόρνο, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_1 = 0,00513372 \approx 0,00513$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω πτώσης στην τάφρο ή σε υποδαπέδιο τόρνο, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_2 \approx 8,56 \cdot 10^{-6}$  θάνατος/άτομο/έτος.

#### 2.2.4. Κίνδυνος πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1}=0,001$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2}=0,001$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,0005$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,003$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=0,00001$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=0,001$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,001$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,01$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=0,001$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}}=0,001$

- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}}=0,0001$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}}=0,0002$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}}=0,000009$
- Για το BE<sub>14</sub>,  $P_{BE_{14}}=0,000008$
- Για το BE<sub>15</sub>,  $P_{BE_{15}}=0,00005$

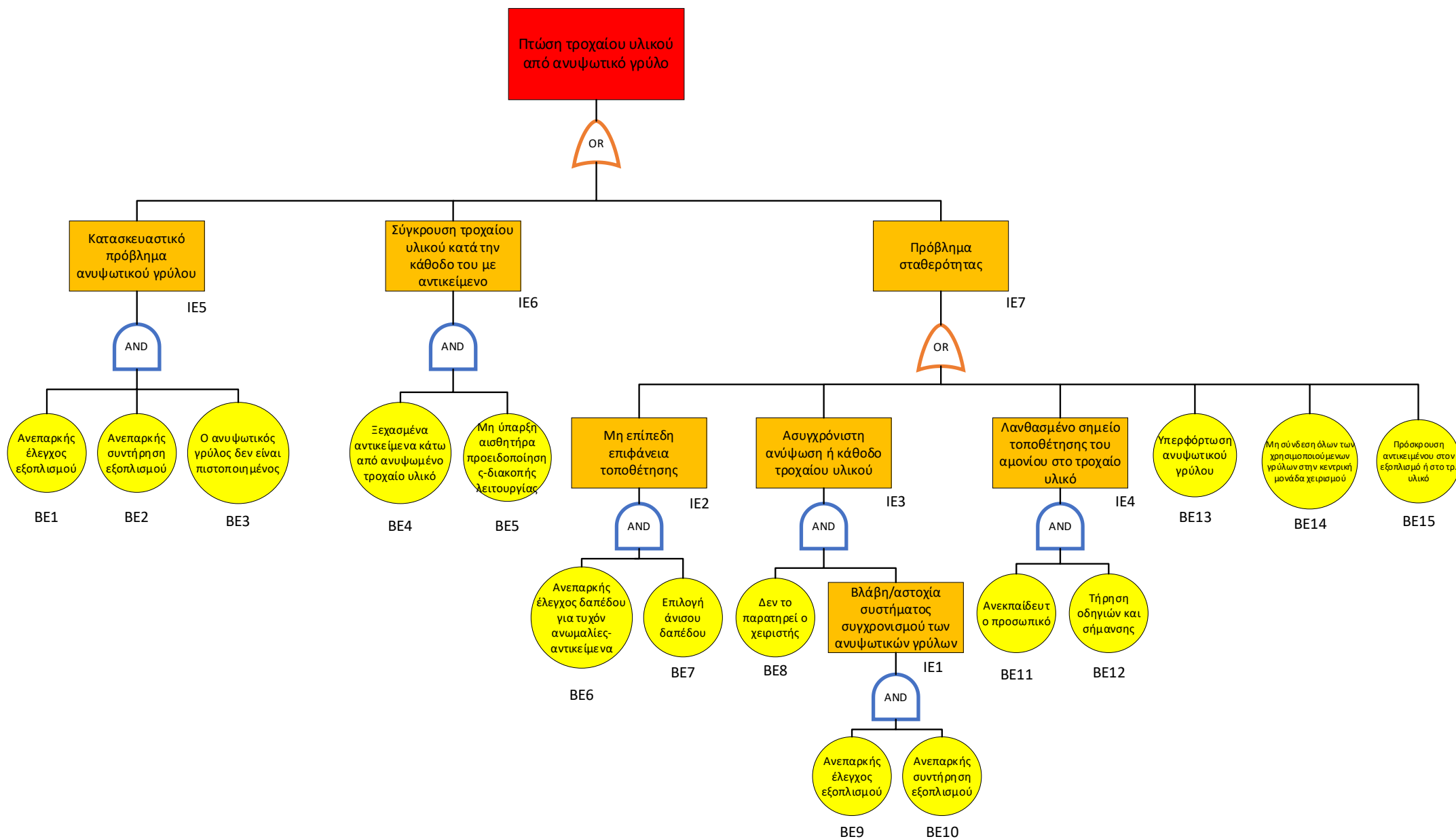
Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = P_{BE_9} \cdot P_{BE_{10}} = 10^{-6}$
- $PP_{IE_2} = P_{BE_6} \cdot P_{BE_7} = 10^{-6}$
- $PP_{IE_3} = P_{BE_8} \cdot P_{IE_1} = 10^{-8}$
- $PP_{IE_4} = P_{BE_{11}} \cdot P_{BE_{12}} = 2 \cdot 10^{-8}$
- $PP_{IE_5} = P_{BE_1} \cdot P_{BE_2} \cdot P_{BE_3} = 5 \cdot 10^{-11}$
- $PP_{IE_6} = P_{BE_4} \cdot P_{BE_5} = 5 \cdot 10^{-8}$
- $PP_{IE_7} = 1 - (1 - PP_{IE_2}) \cdot (1 - PP_{IE_3}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) \cdot (1 - P_{BE_{13}}) \cdot (1 - P_{BE_{14}}) \cdot (1 - P_{BE_{15}}) = 6,8 \cdot 10^{-5}$

Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_7}) = 6,81 \cdot 10^{-5}$

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (ανύψωση τροχαίου υλικού σε ανυψωτικό γρύλο). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί σε ένα (1) τροχαίο υλικό εργασία σε ανυψωτικό γρύλο. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 365 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F=365$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο ισούται με  $f = F \cdot p = 0,024856158 \approx 0,02486$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/40 χρόνια



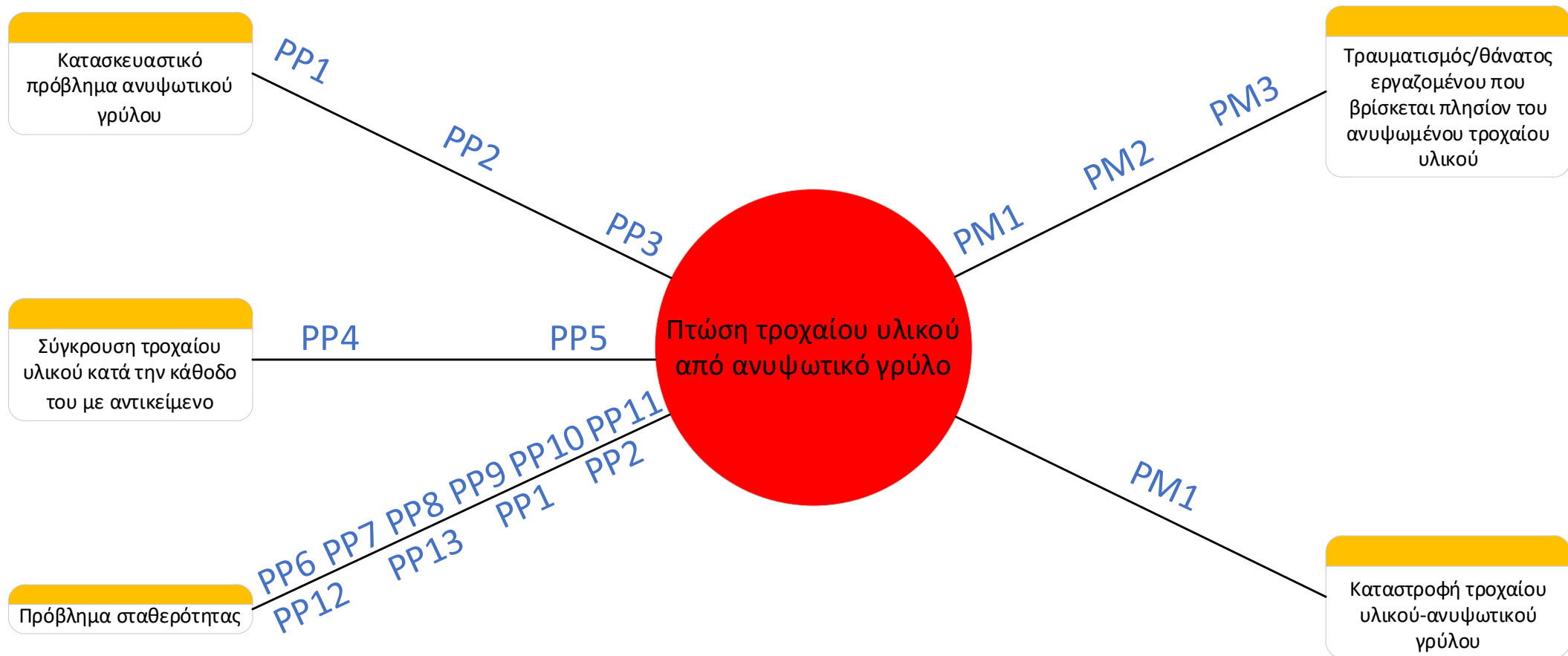
Σχήμα 13. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό εξοπλισμό.

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Επαρκής έλεγχος και επανέλεγχος εξοπλισμού Υ.Α. οικ. 15085/593/2009<sup>8</sup> από αρμόδιο φορέα ελέγχου (PP<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Επαρκής συντήρηση εξοπλισμού σύμφωνα με υποδείξεις του κατασκευαστή (PP<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Πιστοποιημένος ανυψωτικός γρύλος κατά EN1493 (PP<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Ευταξία του χώρου (PP<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
5. Ύπαρξη αισθητήρα προειδοποίησης-διακοπής λειτουργίας όταν υπάρχει κάποιο εμπόδιο στην πορεία που κινείται το ανυψωμένο φορτίο (PP<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
6. Επαρκής έλεγχος δαπέδου για τυχόν ανισότητες/ανωμαλίες/καλώδια/ξεχασμένα αντικείμενα (PP<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
7. Επιλογή επίπεδου δαπέδου (PP<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
8. Ο χειριστής του ανυψωτικού γρύλου παρατηρεί αστοχία/βλάβη του συστήματος συγχρονισμού των ανυψωτικών γρύλων και σταματάει άμεσα την λειτουργία. (PP<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).
9. Εκπαιδευμένο προσωπικό ως προς το κατάλληλο σημείο τοποθέτησης αμονίου στο τροχαίο υλικό (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
10. Τήρηση οδηγιών και σήμανσης όσον αφορά τη χρήση του ανυψωτικού γρύλου (PP<sub>10</sub> πιθανότητα αστοχίας).
11. Επιλογή κατάλληλου σετ ανυψωτικών γρύλων ανάλογα με το βάρος του φορτίου, ώστε να αποφεύγεται η υπερφόρτωση. (PP<sub>11</sub> πιθανότητα αστοχίας).
12. Σύνδεση όλων των χρησιμοποιούμενων γρύλων στην κεντρική μονάδα χειρισμού (PP<sub>12</sub> πιθανότητα αστοχίας).
13. Επίδειξη δέουσας προσοχής του προσωπικού προκειμένου να αποφευχθεί τυχόν πρόσκρουση αντικειμένων στο ανυψωμένο τροχαίο υλικό (π.χ. από άλλο τροχαίο υλικό, από γερανογέφυρα κ.λπ.) (PP<sub>13</sub> πιθανότητα αστοχίας).

---

<sup>8</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/1186B\\_03.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/1186B_03.pdf)



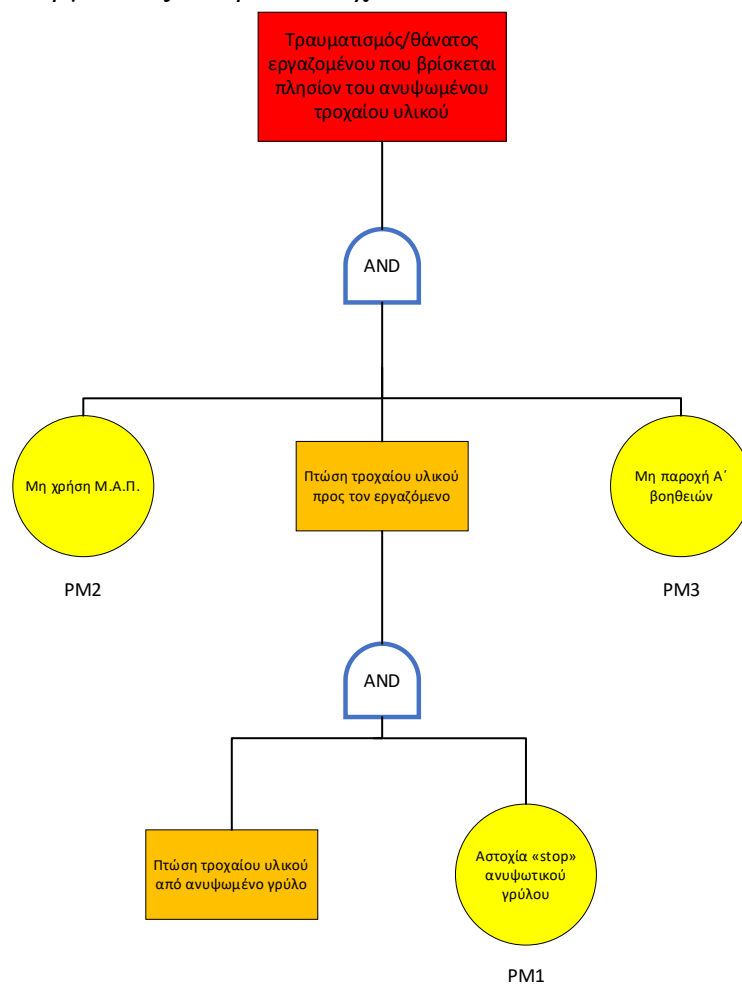
Σχήμα 14. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο.

1. Έπαρξη λειτουργίας «stop» όταν υπάρξει κάποια αστοχία ή βλάβη κατά την ανύψωση ή τη κάθοδο του τροχαίου υλικού ( $PM_1$  πιθανότητα αστοχίας).
2. Χρήση απαιτούμενων Μ.Α.Π. ( $PM_2$  πιθανότητα αστοχίας).
3. Παροχή Α' βοηθειών ( $PM_3$  πιθανότητα αστοχίας).

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- $PM_1=0,2$
- $PM_2=0,4$
- $PM_3=0,3$

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό του εργαζομένου που εργάζεται πλησίον του ανυψωμένου τροχαίου υλικού, θα χρειαστεί η δημιουργία ενός δέντρου αστοχιών:



Σχήμα 15. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του ανυψωμένου τροχαίου υλικού που πέφτει.

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για τον ελαφρύ τραυματισμό και  $V_2=0,006$  αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι εργάζονται τέσσερις (4) εργαζόμενοι πλησίον του ανυψωμένου υλικού, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης εργασιών πλησίον του ανυψωμένου υλικού ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος πτώσης τροχαίου υλικού, είναι  $E=0,25$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_1 \approx 1,49 \cdot 10^{-5}$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω πτώσης τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_2 \approx 8,95 \cdot 10^{-7}$  θάνατος/άτομο/έτος.

Επιπροσθέτως επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,6$  για την ελαφριά καταστροφή εξοπλισμού και  $V_2=0,007$  αντίστοιχα για την αχρήστευση του εξοπλισμού. Επιπλέον γίνεται παραδοχή ότι το τροχαίο υλικό είναι πάντα παρόν, οπότε ( $E=1$ ).

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριάς καταστροφή του τροχαίου υλικού λόγω πτώσης του από ανυψωτικό γρύλο, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot V_1 = 2,98 \cdot 10^{-3}$  ελαφριά καταστροφή/τροχαίο υλικό/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα βαριάς καταστροφή του τροχαίου υλικού λόγω πτώσης του από ανυψωτικό γρύλο, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot V_2 = 3,48 \cdot 10^{-5}$  βαριά καταστροφή/τροχαίο υλικό/έτος.

#### 2.2.5. Κίνδυνος εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το  $BE_1$ ,  $P_{BE_1}=0,00001$
- Για το  $BE_2$ ,  $P_{BE_2}=0,00003$

- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,0000008$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,000003$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=0,00003$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=0,00001$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,00001$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,0000006$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=0,000008$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}}=0,000015$
- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}}=0,000005$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}}=0,00001$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}}=0,00001$
- Για το BE<sub>14</sub>,  $P_{BE_{14}}=0,000001$
- Για το BE<sub>15</sub>,  $P_{BE_{15}}=0,000004$

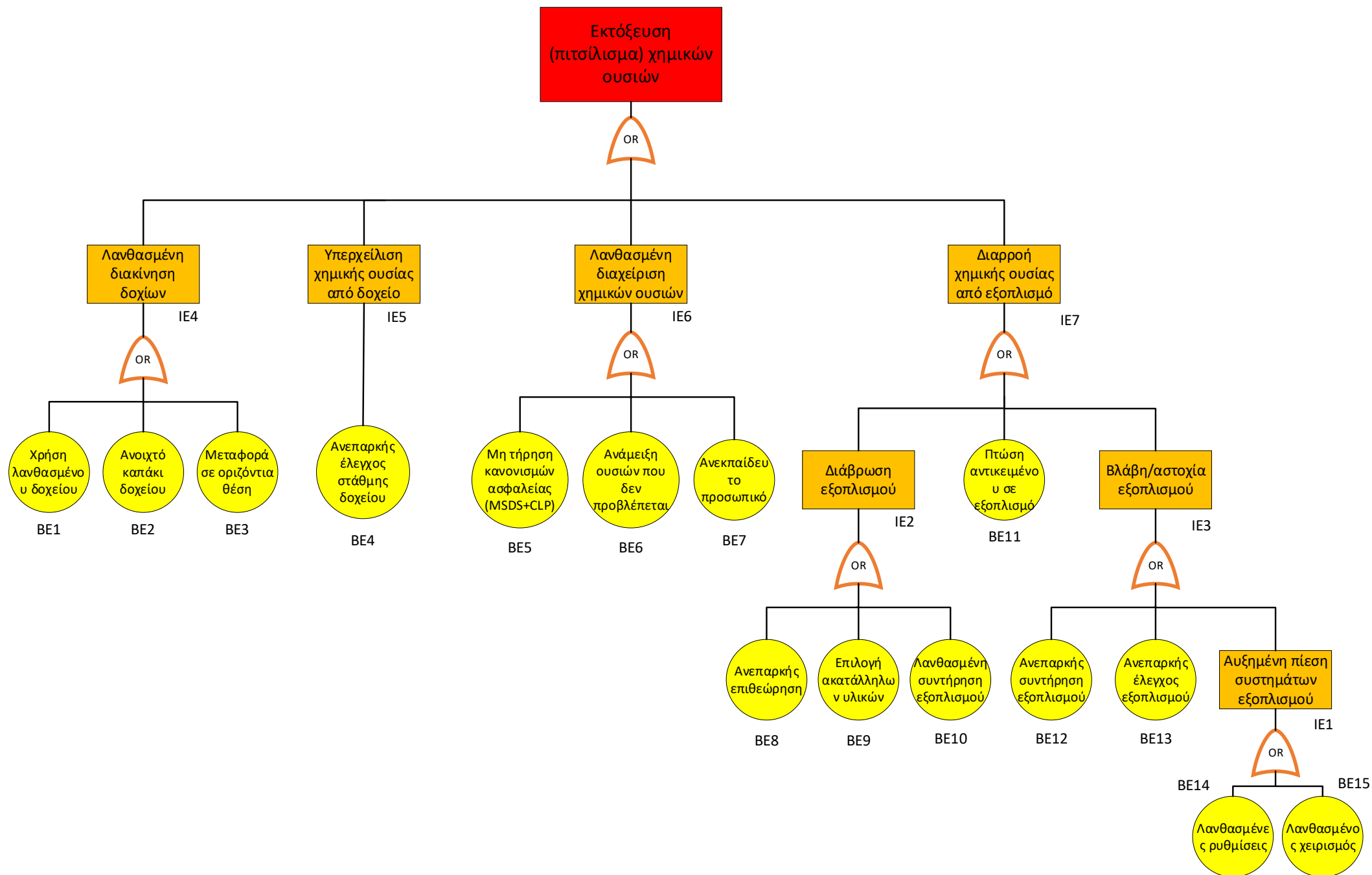
Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = 1 - (1 - PP_{BE_{14}}) \cdot (1 - PP_{BE_{15}}) = 5 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_2} = 1 - (1 - PP_{BE_8}) \cdot (1 - PP_{BE_9}) \cdot (1 - PP_{BE_{10}}) = 1,64 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_3} = 1 - (1 - PP_{BE_{12}}) \cdot (1 - PP_{BE_{13}}) \cdot (1 - PP_{IE_1}) = 2,5 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_4} = 1 - (1 - PP_{BE_1}) \cdot (1 - PP_{BE_2}) \cdot (1 - PP_{BE_3}) = 4,08 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_5} = PP_{BE_4} = 0,000003$
- $PP_{IE_6} = 1 - (1 - PP_{BE_5}) \cdot (1 - PP_{BE_6}) \cdot (1 - PP_{BE_7}) = 5 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_7} = 1 - (1 - PP_{IE_2}) \cdot (1 - PP_{BE_{11}}) \cdot (1 - PP_{IE_3}) = 4,64 \cdot 10^{-5}$

Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_4}) \cdot (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_7}) \approx 1,4 \cdot 10^{-4}$

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (χρήση χημικών ουσιών). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν χημικές ουσίες σε δέκα (10) τροχαία υλικά. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 3.650 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F=3.650$  διαδικασίες/έτος.

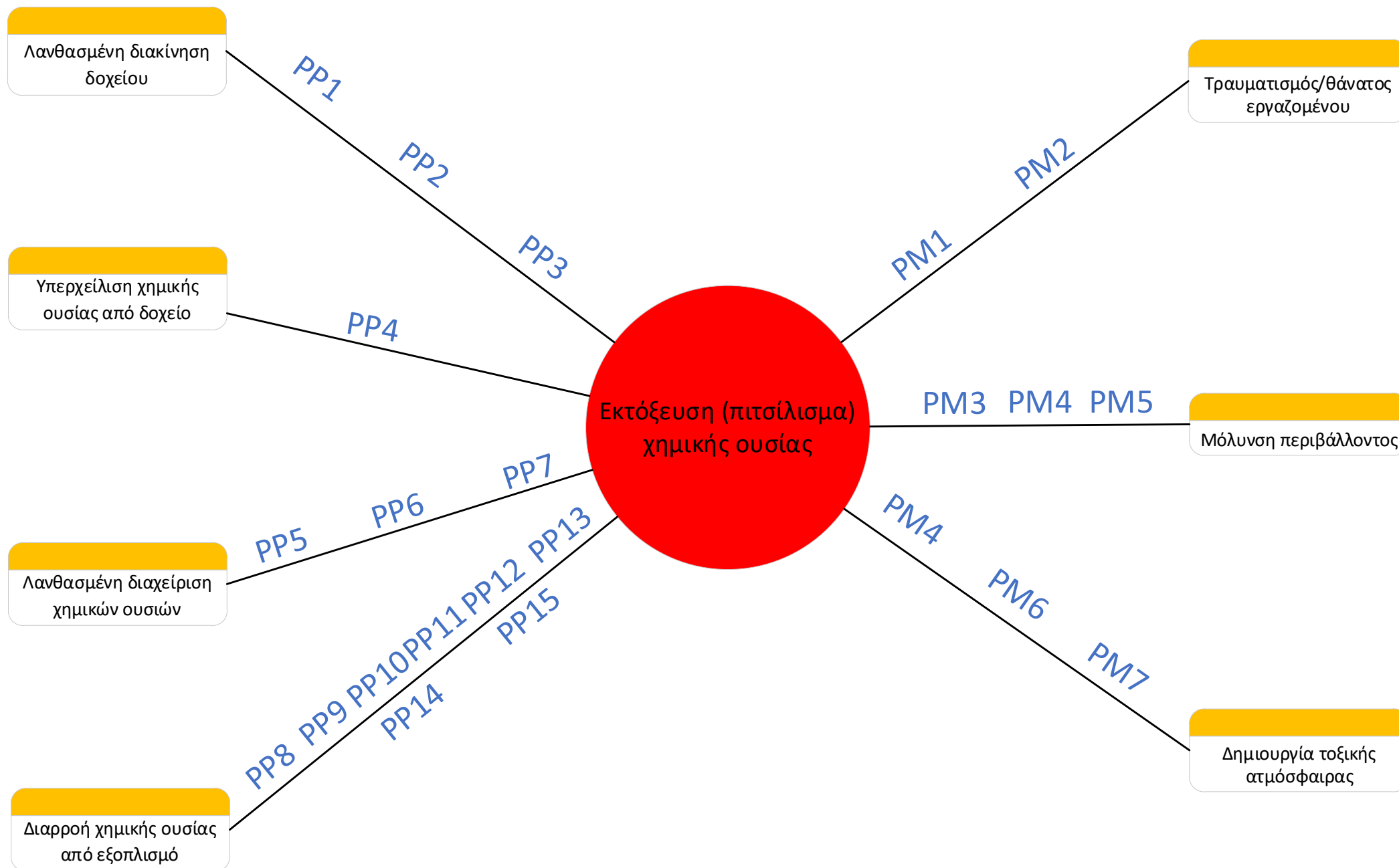
Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) εκτόξευσης (πιτσίσλισμα) χημικής ουσίας ισούται με  $f = F \cdot p = 0,511698833 \approx 0,51$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/2 έτη.



Σχήμα 16. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών.

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Χρήση σωστού δοχείου αποθήκευσης της χημικής ουσίας (PP<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Κλειστό καπάκι δοχείου κατά την μεταφορά της χημικής ουσίας (PP<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Μεταφορά δοχείου σε κατακόρυφη θέση (PP<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Έλεγχος στάθμης δοχείου (PP<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
5. Τήρηση κανονισμών ασφαλείας (MSDS και CLP) (PP<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
6. Αποφυγή ανάμειξης ουσιών που δεν προβλέπεται (PP<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
7. Εκπαιδευμένο προσωπικό (PP<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
8. Επαρκής επιθεώρηση εξοπλισμών για τυχόν διαβρώσεις. (PP<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).
9. Επιλογή κατάλληλων υλικών με αντοχή στη διάβρωση (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
10. Σωστή συντήρηση εξοπλισμού προς αποφυγή διάβρωσης (PP<sub>10</sub> πιθανότητα αστοχίας).
11. Αποφυγή πτώσεων αντικειμένων σε εξοπλισμό, προς αποφυγή διαρροής χημικής ουσίας (PP<sub>11</sub> πιθανότητα αστοχίας).
12. Σωστή συντήρηση εξοπλισμού προς αποφυγή βλάβης/αστοχίας (PP<sub>12</sub> πιθανότητα αστοχίας).
13. Επαρκής έλεγχος εξοπλισμού (PP<sub>13</sub> πιθανότητα αστοχίας).
14. Ορθές ρυθμίσεις εξοπλισμών προς αποφυγή αύξησης πίεσης των συστημάτων του εξοπλισμού (PP<sub>14</sub> πιθανότητα αστοχίας).
15. Σωστός χειρισμός εξοπλισμού, προς αποφυγή αύξησης πίεσης των συστημάτων του εξοπλισμού (PP<sub>15</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Χρήση απαιτούμενων Μ.Α.Π. (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Παροχή Α' βοηθειών (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).



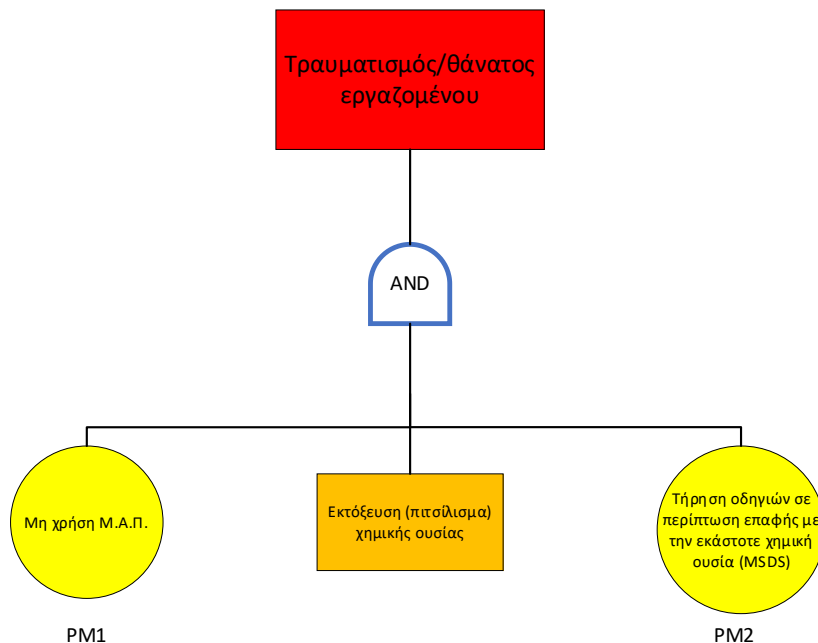
Σχήμα 17. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικής ουσίας

3. Κλήση αρμόδιων αρχών προς αντιμετώπισης επικίνδυνης κατάστασης (PM<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Ασφαλής απομάκρυνση/περισυλλογή χημικής ουσίας (PM<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
5. Ρίψη αντιρρυπαντικών μέσων (PM<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
6. Επαρκής αερισμός χώρου (PM<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
7. Άμεση διακοπή εργασιών και εκκένωση χώρου (PM<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- PM<sub>1</sub>=0,4
- PM<sub>3</sub>=0,05
- PM<sub>5</sub>=0,5
- PM<sub>7</sub>=0,5
- PM<sub>2</sub>=0,3
- PM<sub>4</sub>=0,4
- PM<sub>6</sub>=0,1

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό του εργαζομένου από εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικής ουσίας, την μόλυνση του περιβάλλοντος και την δημιουργία τοξικής ατμόσφαιρας, θα χρειασθεί η δημιουργία τριών δέντρων αστοχιών.



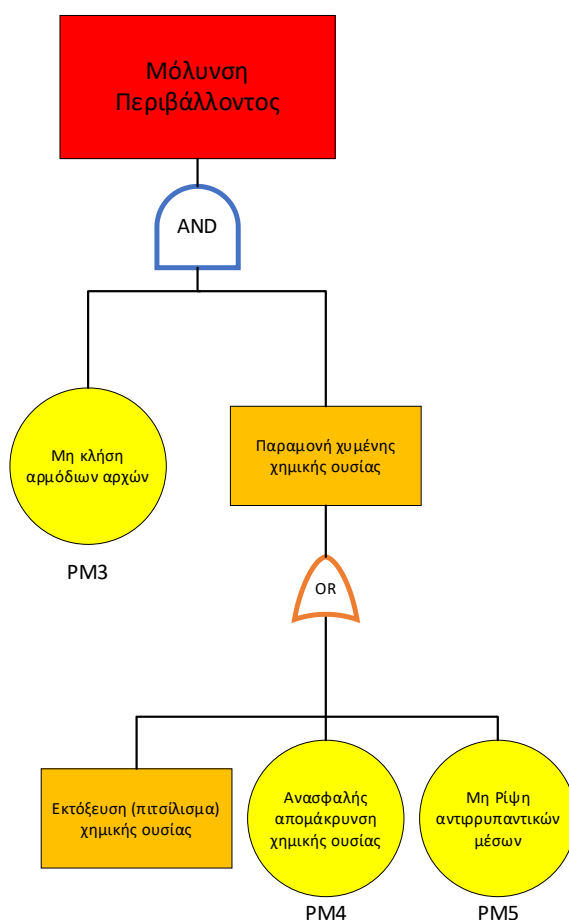
Σχήμα 18. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου από εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,4$  για τον ελαφρύ τραυματισμό και  $V_2=0,001$  αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι κάνουν χρήση χημικών ουσιών οκτώ (8) εργαζόμενοι, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης εργασιών χρησιμοποιώντας χημικές ουσίες ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος εκτόξευσης (πιτσιλίσματος) χημικής ουσίας, είναι  $E=0,125$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω εκτόξευσης (πιτσιλίσματος) χημικής ουσίας πάνω του, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_1 = 0,00307019 \approx 3,07 \cdot 10^{-3}$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω εκτόξευσης (πιτσιλίσματος) χημικής ουσίας πάνω του, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_2 \approx 7,68 \cdot 10^{-6}$  θάνατος/άτομο/έτος.

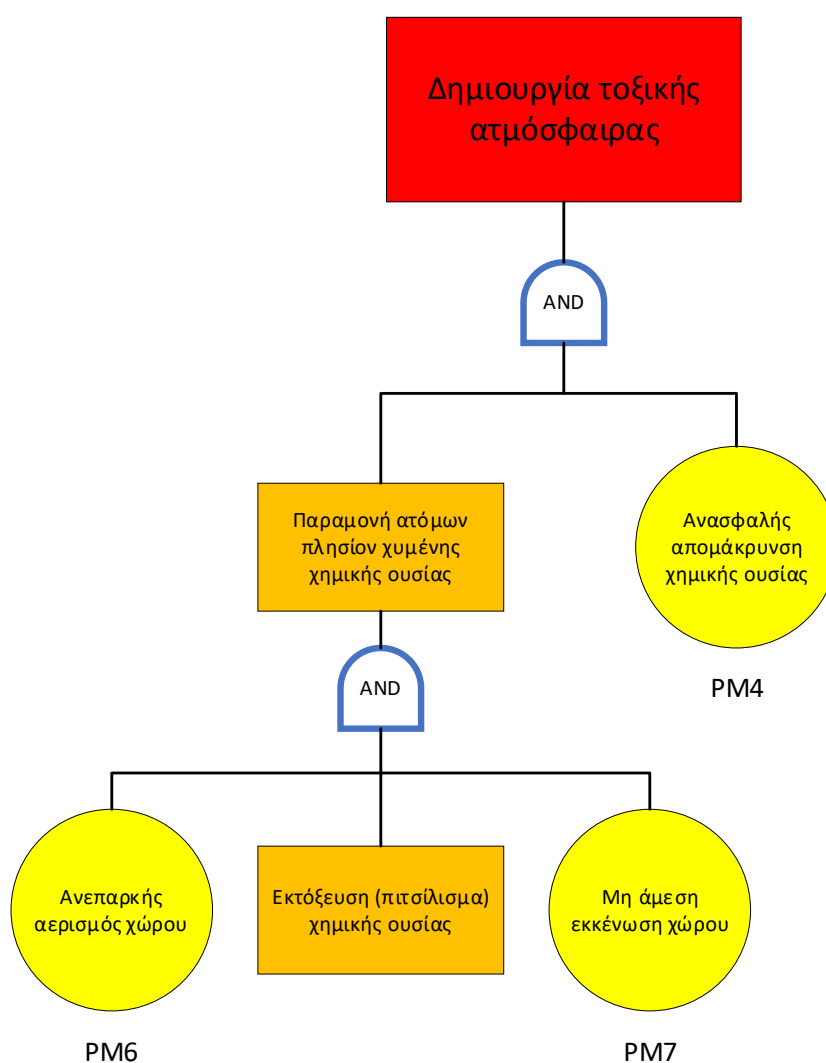


Σχήμα 19. Διάγραμμα Fault Tree για τη μόλυνση περιβάλλοντος λόγω εκτόξευσης (πιτσιλίσμα) χημικών ουσιών

Επιπλέον επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,5$  για την μικρή ρύπανση και  $V_2=0,0005$  αντίστοιχα για την μεγάλη ρύπανση.

Υπολογίζεται η συχνότητα μικρής ρύπανσης του περιβάλλοντος λόγω εκτόξευσης (πιτσιλίσματος) χημικής ουσίας, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot (PM_3 \cdot (1 - (1 - PM_4) \cdot (1 - PM_5))) \cdot V_1 = 0,00895473 \approx 0,00895$  μικρή ρύπανση/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα μεγάλης ρύπανσης του περιβάλλοντος λόγω εκτόξευσης (πιτσιλίσματος) χημικής ουσίας, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot (PM_3 \cdot (1 - (1 - PM_4) \cdot (1 - PM_5))) \cdot V_2 \approx 8,95 \cdot 10^{-6}$  μεγάλη ρύπανση/έτος.



Σχήμα 20. Διάγραμμα Fault Tree για τη δημιουργία τοξικής ατμόσφαιρας λόγω εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών

Επιπροσθέτως επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να ορισθεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για την μικρή έκλυση τοξικών αερίων και  $V_2=0,0001$  αντίστοιχα για την μεγάλη έκλυση τοξικών αερίων.

Υπολογίζεται η συχνότητα μικρής έκλυσης τοξικών αερίων λόγω εκτόξευσης (πιτσιλίσματος) χημικής ουσίας, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot PM_4 \cdot PM_6 \cdot PM_7 \cdot V_1 = 0,0010234 \approx 0,00102$  μικρή έκλυση τοξικών αερίων/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα μεγάλης έκλυσης τοξικών αερίων λόγω εκτόξευσης (πιτσιλίσματος) χημικής ουσίας, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot PM_4 \cdot PM_6 \cdot PM_7 \cdot V_2 \approx 10^{-6}$  μεγάλη έκλυση τοξικών αερίων/έτος.

## 2.2.6. Κίνδυνος από σπάσιμο εργαλείου χειρός

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1}=0,00001$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2}=0,0005$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,2$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,005$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=0,00008$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=0,05$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,005$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,0001$

Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

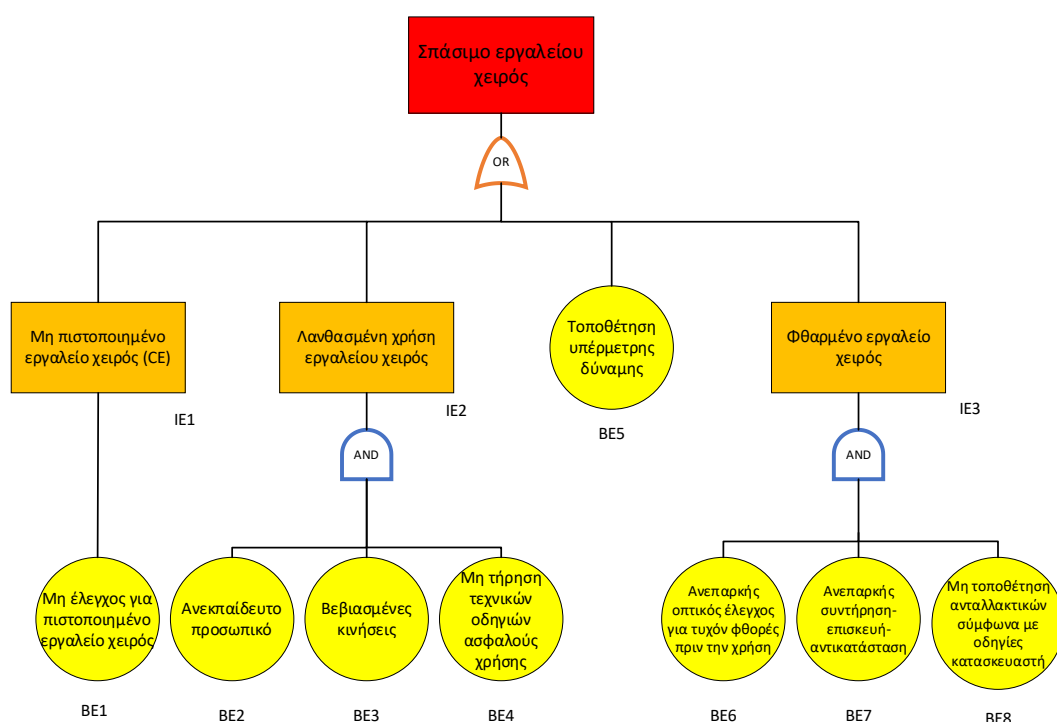
- $PP_{IE_1} = P_{BE_1} = 10^{-5}$
- $PP_{IE_2} = P_{BE_2} \cdot P_{BE_3} \cdot P_{BE_4} = 5 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_3} = P_{BE_6} \cdot P_{BE_7} \cdot P_{BE_8} = 2,5 \cdot 10^{-8}$

Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_1}) \cdot (1 - PP_{BE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_2}) \cdot (1 - PP_{IE_3}) \approx 3,11 \cdot 10^{-5}$ .

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (χρήση εργαλείων χειρός). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι

κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί σε καθένα από αυτά χρήση εργαλείου χειρός. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 5.110 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 5.110$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) σπασίματος εργαλείου χειρός με  $f = F \cdot p = 0,46257842 \approx 0,463$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/2 έτη.

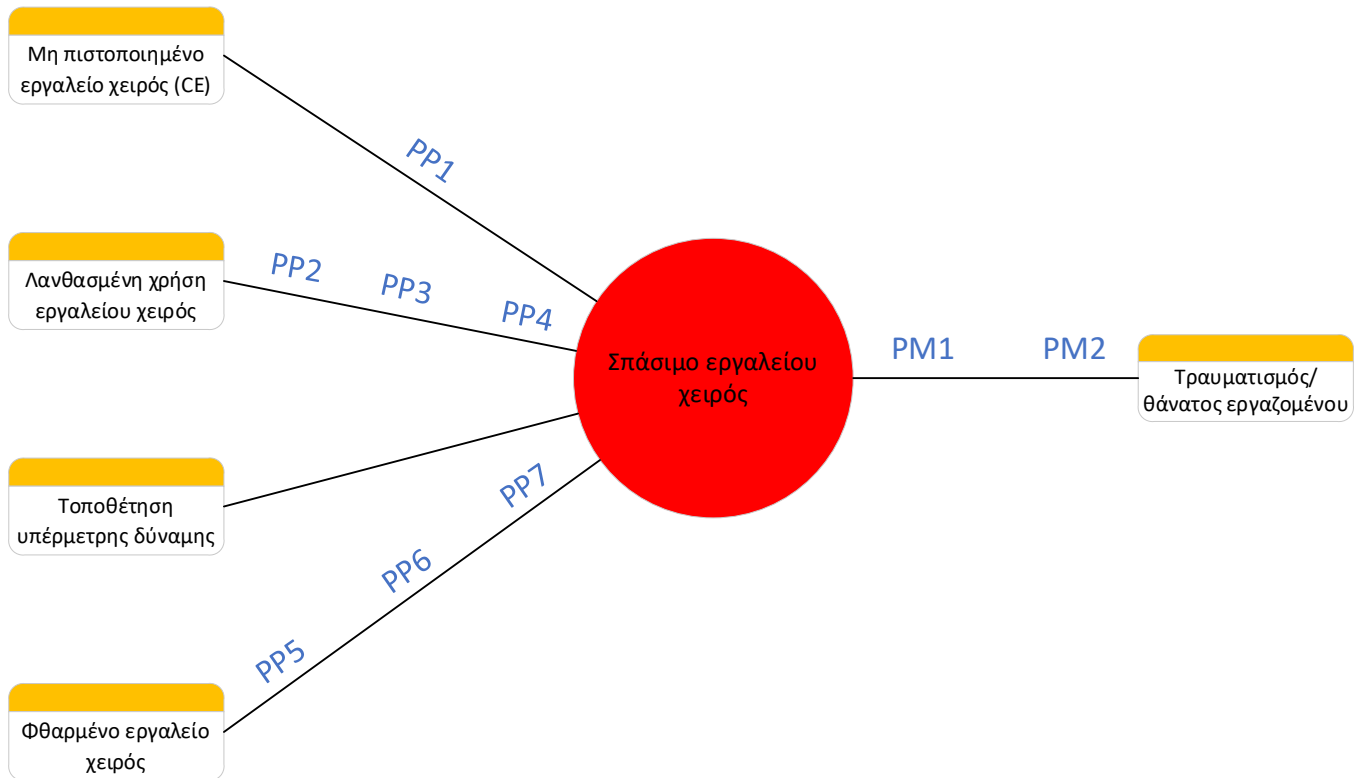


Σχήμα 21. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από σπάσιμο εργαλείου χειρός

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Έλεγχος εργαλείου χειρός σχετικά με την πιστοποίηση του (CE) (PP<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Εκπαιδευμένο προσωπικό (PP<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Αποφυγή βεβιασμένων ενεργειών (PP<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Τήρηση τεχνικών οδηγιών ασφαλούς χρήσης εργαλείων χειρός από τον εργαζόμενο (PP<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
5. Επαρκής οπτικός έλεγχος του εργαλείου χειρός για τυχόν φθορές, πριν από την χρήση του (PP<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
6. Επαρκής συντήρηση/επισκευή/αντικατάσταση των εργαλείων χειρός (PP<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).

7. Χρήση και τοποθέτηση ανταλλακτικών σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (PP<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Χρήση απαιτούμενων Μ.Α.Π. (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Παροχή Α' βοηθειών (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).

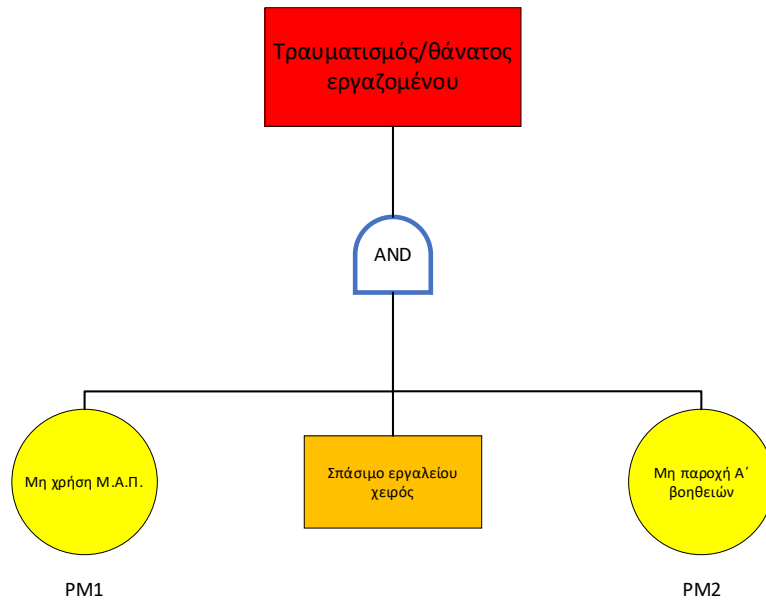


Σχήμα 22. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο από σπάσιμο εργαλείου χειρός

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- $PM_1=0,4$
- $PM_2=0,3$

Για να εξετασθεί η πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό του εργαζομένου από σπάσιμο εργαλείου χειρός



Σχήμα 23. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου λόγω σπασίματος εργαλείου χειρός.

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,2$  για τον ελαφρύ τραυματισμό και  $V_2=0,0001$  αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι κάνουν χρήση εργαλείου χειρός δέκα (10) εργαζόμενοι, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης εργασιών κάνοντας χρήση εργαλείων χειρός ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος σπασίματος εργαλείου είναι  $E=0,1$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω σπασίματος εργαλείου χειρός που χειρίζεται, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_1 \approx 1,11 \cdot 10^{-3}$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω σπασίματος εργαλείου χειρός που χειρίζεται, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_2 \approx 5,56 \cdot 10^{-7}$  θάνατος/άτομο/έτος.

#### 2.2.7. Κίνδυνος ελλιπούς ορατότητας εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το  $BE_1$ ,  $P_{BE_1}=0,0005$
- Για το  $BE_2$ ,  $P_{BE_2}=0,001$

- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,08$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,00015$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=5 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=10^{-6}$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,01$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,004$

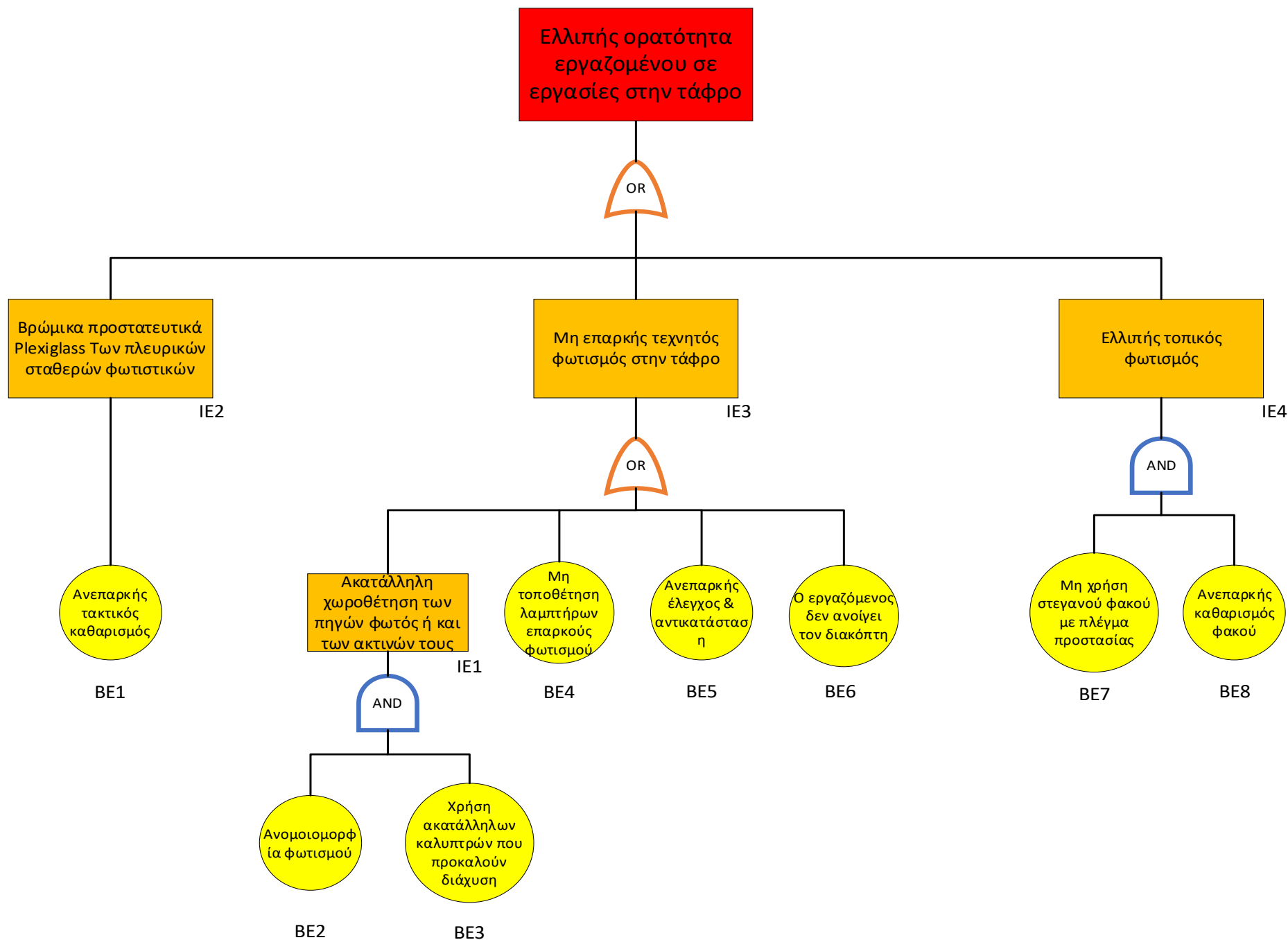
Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = P_{BE_2} \cdot P_{BE_3} = 8 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_2} = P_{BE_1} = 0,0005$
- $PP_{IE_3} = 1 - (1 - PP_{BE_4}) \cdot (1 - PP_{BE_5}) \cdot (1 - PP_{BE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_1}) = 0,000235987$
- $PP_{IE_4} = P_{BE_7} \cdot P_{BE_8} = 4 \cdot 10^{-5}$

Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_2}) \cdot (1 - PP_{BE_3}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) = 0,000775839$ .

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (ζεύξη-απόζευξη). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί και στα δεκατέσσερα (14) χρήση της τάφρου. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 5.110 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 5.110$  διαδικασίες/έτος.

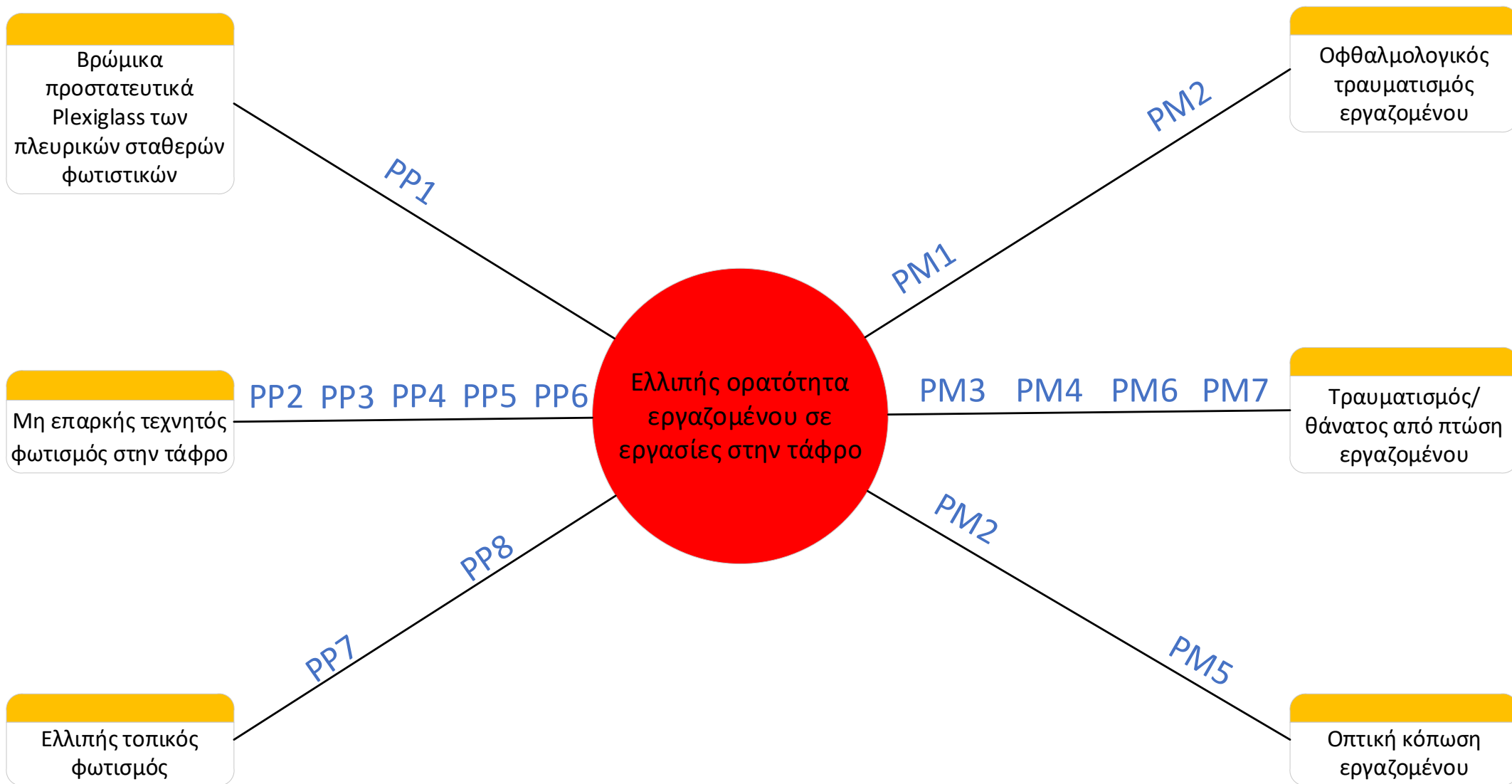
Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) ελλιπής ορατότητα εργαζομένου κατά τις εργασίες στις τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο ισούται με  $f = F \cdot p \approx 3,96$  γεγονότα/έτος ή 1 γεγονός/3 μήνες



Σχήμα 24. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Επαρκής τακτικός καθαρισμός των προστατευτικών plexiglass των πλευρικών σταθερών φωτιστικών από λάδια/σκόνες και ακαθαρσίες (PP<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  2. Ομοιόμορφος φωτισμός του χώρου (PP<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  3. Χρήση κατάλληλων καλυπτρών που προκαλούν διάχυση του φωτός (PP<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  4. Τοποθέτηση λαμπτήρων επαρκούς φωτισμού σύμφωνα με το ISO8995 (PP<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  5. Επαρκής έλεγχος σωστής λειτουργίας φωτιστικών και αντικατάσταση (PP<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  6. Ο εργαζόμενος ανοίγει τον διακόπτη φωτισμού (PP<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  7. Χρήση στεγανού φακού με πλέγμα προστασίας για σημεία που δεν υπάρχει επαρκής φωτισμός (π.χ. μέρος τρένου που δεν φωτίζεται επαρκώς) (PP<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  8. Καθαρισμός του φακού (PP<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Οφθαλμολογικός έλεγχος και εξετάσεις εργαζομένων. (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  2. Επαρκή διαλείμματα εργασίας, για ξεκούραση του οφθαλμού (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  3. Ευταξία χώρου (PM<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  4. Καθαρισμός υπολειμμάτων λαδιών (PM<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  5. Μικρής χρονικής διάρκειας εργασίας στην τάφρο (PM<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  6. Χρήση Μ.Α.Π. (υποδημάτων ασφαλείας) (PM<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
  7. Παροχή Α΄ βοηθειών (PM<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).

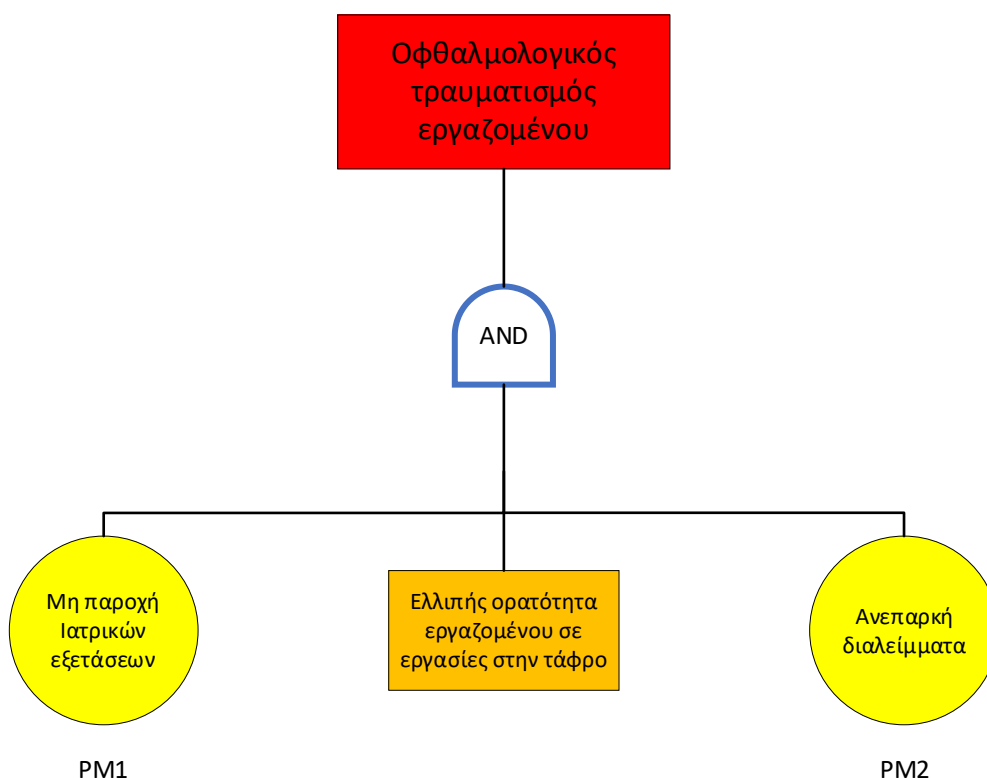


Σχήμα 25. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο ελλιπής ορατότητας εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο.

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτης πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- $PM_1=0,1$                       •  $PM_3=0,005$                       •  $PM_5=0,2$                       •  $PM_7=0,3$
- $PM_2=0,4$                       •  $PM_4=0,01$                       •  $PM_6=0,4$

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον οφθαλμολογικό τραυματισμό του εργαζομένου που εργάζεται σε χώρους των τάφρων, τον τραυματισμό/θάνατο από πτώση του λόγω ελλιπούς ορατότητας και την οπτική κόπωση του, θα χρειασθεί η δημιουργία τριών δέντρων αστοχιών.



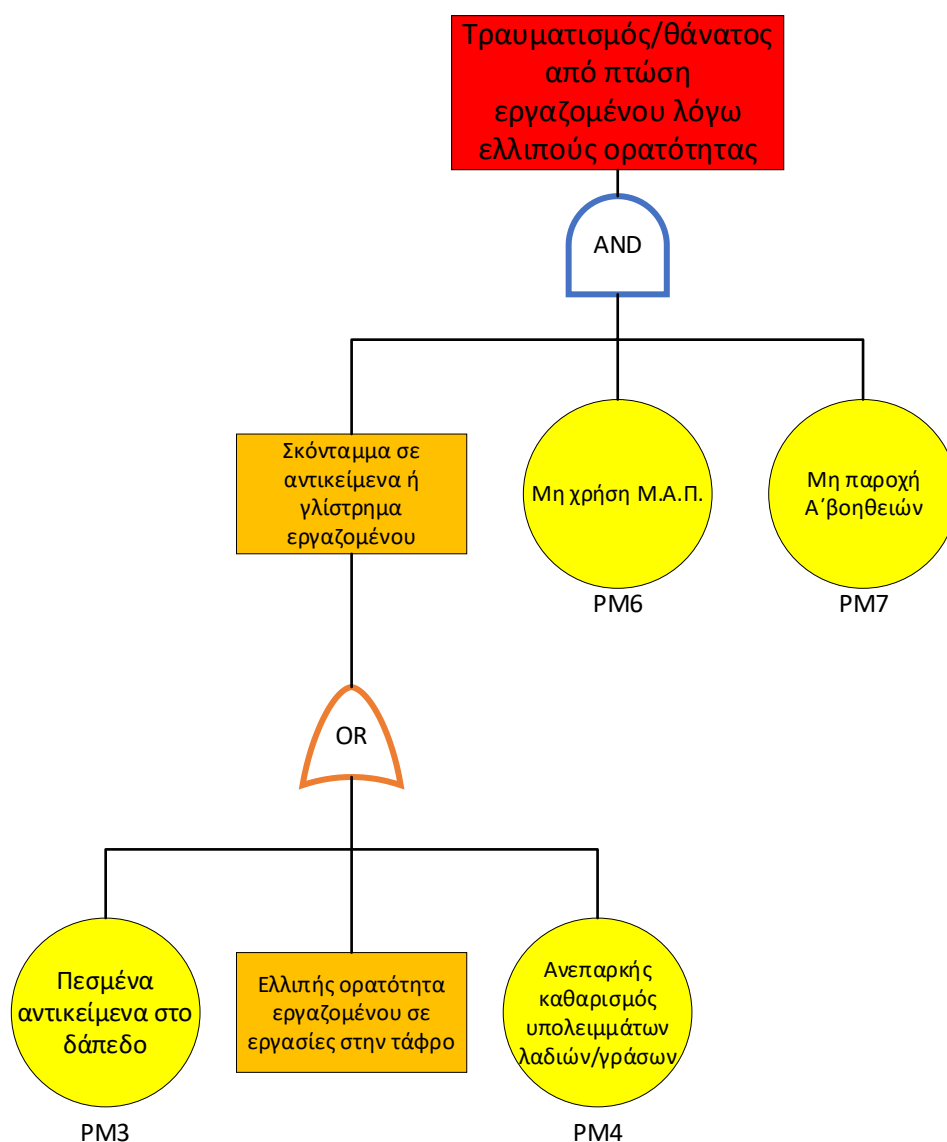
Σχήμα 26. Διάγραμμα Fault Tree για τον οφθαλμολογικό τραυματισμό εργαζομένου λόγω ελλιπούς ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο.

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να ορισθεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για τον ελαφρύ οφθαλμολογικό τραυματισμό και  $V_2=0,0001$  αντίστοιχα για την απώλεια όρασης.

Επιπλέον εκτιμάται ότι εργάζονται δύο (2) εργαζόμενοι εντός των τάφρων εργασίας, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης εργασιών σε τάφρους ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος ελλιπούς ορατότητας είναι  $E=0,5$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού οπτικού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω ελλιπούς ορατότητας σε εργασίες στις τάφρους, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_1 = 0,0007929076 \approx 0,00079$  ελαφρύς οπτικός τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η απώλεια όρασης του εργαζομένου λόγω ελλιπούς ορατότητας σε εργασίες στις τάφρους, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot V_2 \approx 7,93 \cdot 10^{-6}$  απώλεια όρασης/άτομο/έτος.



Σχήμα 27. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου από πτώση του λόγω ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο

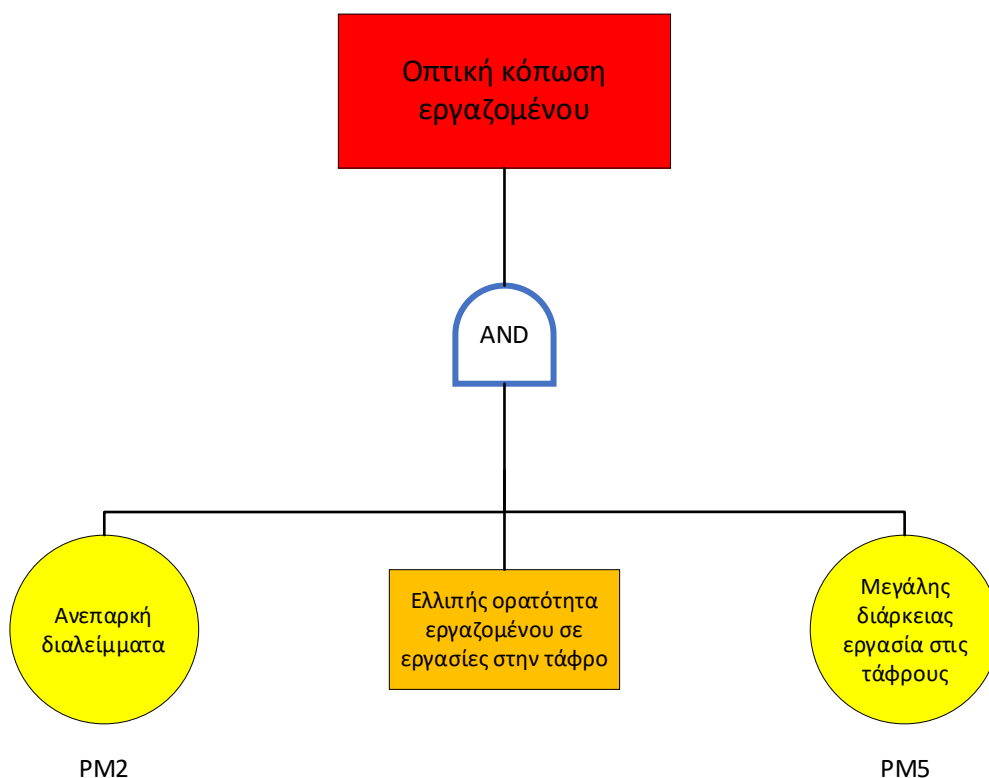
Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή

$V_1=0,1$  για τον ελαφρύ τραυματισμό από πτώση λόγω ελλιπούς ορατότητας και  $V_2=0,0001$  αντίστοιχα για τον θάνατο από πτώση λόγω ελλιπούς ορατότητας.

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου από πτώση λόγω ελλιπούς ορατότητας σε εργασίες στις τάφρους, με την εξίσωση:

$$r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot (1 - (1 - PM_3) \cdot (1 - PM_4)) \cdot PM_6 \cdot PM_7 \cdot V_1 = 0,000711238 \approx 0,00071 \text{ ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.}$$

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου για τον θάνατο από πτώση λόγω ελλιπούς ορατότητας σε εργασίες στις τάφρους, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot (1 - (1 - PM_3) \cdot (1 - PM_4)) \cdot PM_6 \cdot PM_7 \cdot V_2 \approx 7,11 \cdot 10^{-7}$  θάνατος/άτομο/έτος.



Σχήμα 28. Διάγραμμα Fault Tree για την οπτική κόπωση εργαζομένου λόγω ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για την ελαφριά κόπωση του εργαζομένου και  $V_2=0,001$  αντίστοιχα για την εξουθένωση του.

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριάς κόπωσης του εργαζομένου λόγω ελλιπούς ορατότητας σε εργασίες στις τάφρους, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_5 \cdot PM_2 \cdot V_1 = 0,0155858153 \approx 0,01559$  ελαφριά κόπωση/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα εξουθένωσης του εργαζομένου λόγω ελλιπούς ορατότητας σε εργασίες στις τάφρους, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_5 \cdot PM_2 \cdot V_2 = 0,00015585 \approx 0,00016$  εξουθένωση/άτομο/έτος.

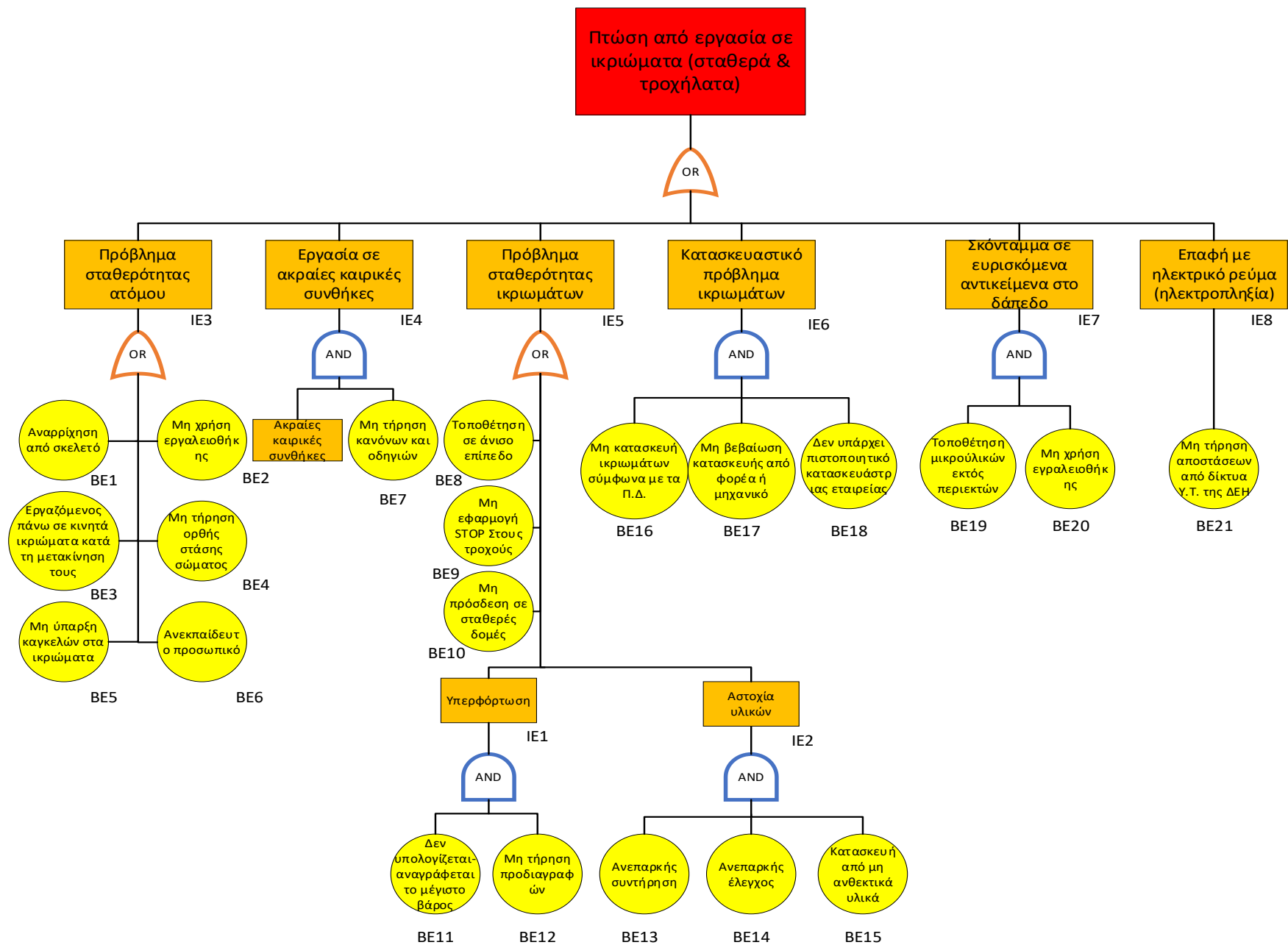
#### 2.2.8. Κίνδυνος πτώσης εργαζομένου από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα)

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1}=10^{-5}$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2}=10^{-5}$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=10^{-7}$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,00002$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=9 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=10^{-6}$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=10^{-5}$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,00003$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=0,00001$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}}=0,00004$
- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}}=10^{-5}$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}}=0,001$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}}=0,001$
- Για το BE<sub>14</sub>,  $P_{BE_{14}}=0,001$
- Για το BE<sub>15</sub>,  $P_{BE_{15}}=0,001$
- Για το BE<sub>16</sub>,  $P_{BE_{16}}=10^{-4}$
- Για το BE<sub>17</sub>,  $P_{BE_{17}}=10^{-4}$
- Για το BE<sub>18</sub>,  $P_{BE_{18}}=10^{-4}$
- Για το BE<sub>19</sub>,  $P_{BE_{19}}=0,001$
- Για το BE<sub>20</sub>,  $P_{BE_{20}}=0,00001$
- Για το BE<sub>21</sub>,  $P_{BE_{21}}=10^{-5}$

Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = PP_{BE_{11}} \cdot PP_{BE_{12}} = 10^{-8}$
- $PP_{IE_2} = PP_{BE_{13}} \cdot PP_{BE_{14}} \cdot PP_{BE_{15}} = 10^{-10}$
- $PP_{IE_3} = 1 - (1 - PP_{BE_1}) \cdot (1 - PP_{BE_2}) \cdot (1 - PP_{BE_3}) \cdot (1 - PP_{BE_4}) \cdot (1 - PP_{BE_5}) \cdot (1 - PP_{BE_6}) = 5 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_4} = PP_{BE_7} = 10^{-5}$
- $PP_{IE_5} = 1 - (1 - PP_{BE_8}) \cdot (1 - PP_{BE_9}) \cdot (1 - PP_{BE_{10}}) \cdot (1 - PP_{IE_1}) \cdot (1 - PP_{IE_2}) = 8 \cdot 10^{-5}$



Σχήμα 29. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από πτώση από εργασία σε ικρίσματα (σταθερά και κινητά)

- $PP_{IE_6} = PP_{BE_{15}} \cdot PP_{BE_{16}} \cdot PP_{BE_{17}} = 10^{-12}$
- $PP_{IE_7} = PP_{BE_{21}} \cdot PP_{BE_{22}} = 10^{-8}$
- $PP_{IE_8} = PP_{BE_{23}} = 10^{-5}$

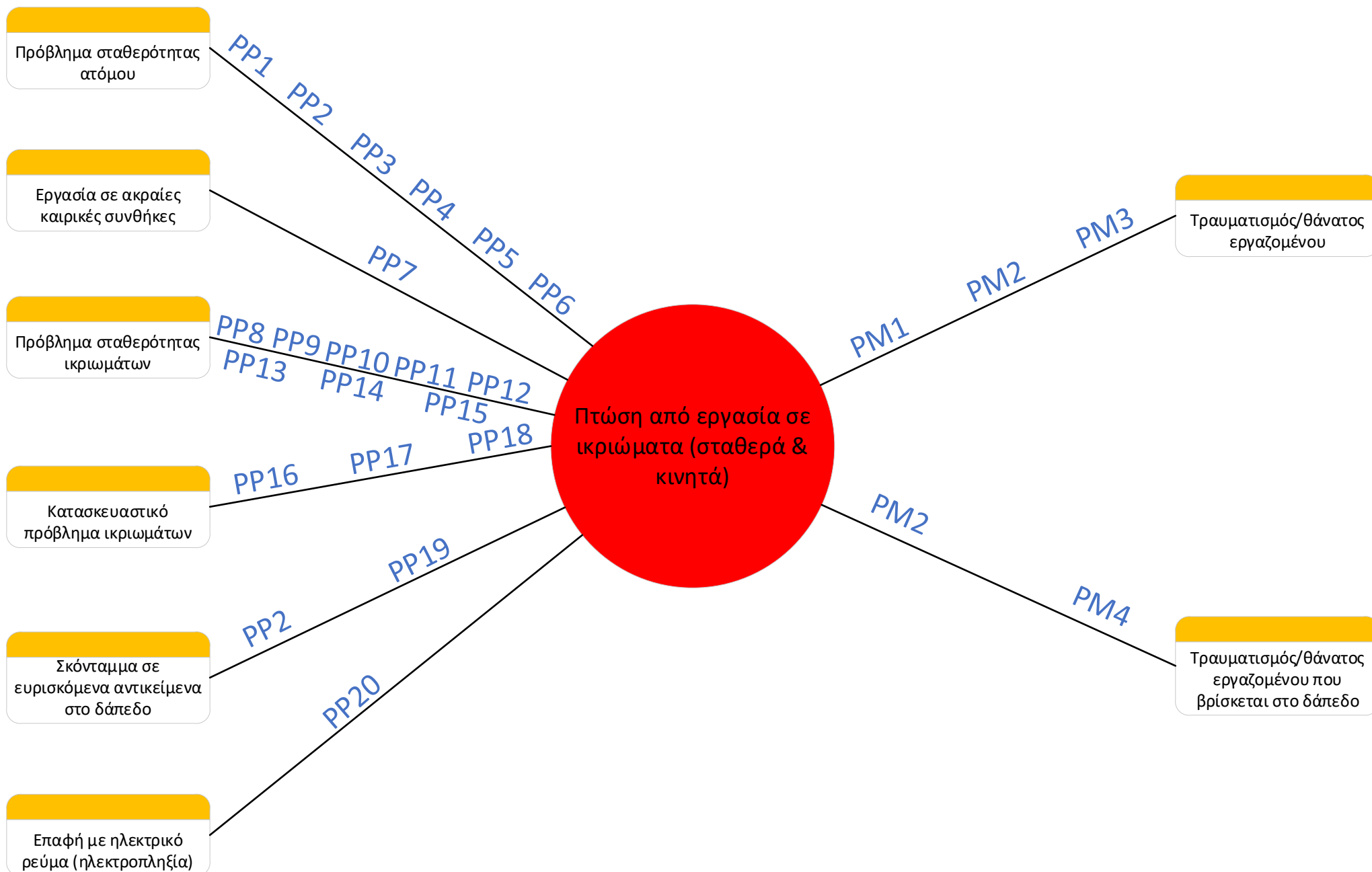
Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_3}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) \cdot (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_7}) \cdot (1 - PP_{IE_8}) \approx 0,00015011$ .

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (εργασία σε ικριώματα). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί σε εργασία σε ύψος σε ένα (1) εξ αυτών. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 365 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 365$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) πτώσης από εργασία σε ικριώματα ισούται με  $f = F \cdot p = 0,05479036 \approx 0,05479$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/18 έτη.

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Απαγορεύεται η αναρρίχηση από τον σκελετό (χρήση κλίμακας) ( $PP_1$  πιθανότητα αστοχίας).
2. Χρήση εργαλειοθήκης για ασφαλή αποθήκευση εργαλείων ( $PP_2$  πιθανότητα αστοχίας).
3. Κατά τη μετακίνηση των κινητών ικριωμάτων απαγορεύεται η παραμονή των εργαζομένων επάνω τους ( $PP_3$  πιθανότητα αστοχίας).
4. Ορθής στάση σώματος ( $PP_4$  πιθανότητα αστοχίας).
5. Ύπαρξη καγκελών στα ικριώματα ( $PP_5$  πιθανότητα αστοχίας).
6. Εκπαιδευμένο προσωπικό ( $PP_6$  πιθανότητα αστοχίας).
7. Τήρηση οδηγιών και κανόνων ασφαλείας (απαγορεύεται η εργασία σε ικριώματα σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες (π.χ. άνεμος, κερανοί κ.λπ.) ( $PP_7$  πιθανότητα αστοχίας).



Σχήμα 30. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο πτώσης από εργασία σε ικρίωματα (σταθερά και κινητά).

8. Τοποθέτηση ικριωμάτων σε επίπεδο δάπεδο (PP<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).
9. Εφαρμογή «STOP» στους τροχούς των κινητών ικριωμάτων (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
10. Πρόσδεση ικριωμάτων σε σταθερές δομές, προς αποφυγή κατάρρευσή τους (PP<sub>10</sub> πιθανότητα αστοχίας).
11. Υπολογισμένο και αναγραφόμενο μέγιστο βάρος για το ικρίωμα (PP<sub>11</sub> πιθανότητα αστοχίας).
12. Τήρηση προδιαγραφών μέγιστου βάρους από τους εργαζομένους (PP<sub>12</sub> πιθανότητα αστοχίας).
13. Σωστή συντήρηση εξοπλισμού προς αποφυγή βλάβης/αστοχίας (PP<sub>13</sub> πιθανότητα αστοχίας).
14. Επαρκής έλεγχος εξοπλισμού (PP<sub>14</sub> πιθανότητα αστοχίας).
15. Κατασκευή από ανθεκτικά υλικά (PP<sub>15</sub> πιθανότητα αστοχίας).
16. Κατασκευή ικριωμάτων σύμφωνα με τα Π.Δ.1073/81<sup>9</sup>, Π.Δ. 778/80<sup>10</sup> και Π.Δ.70/90<sup>11</sup> (PP<sub>16</sub> πιθανότητα αστοχίας).
17. Βεβαίωση κατασκευής από διαπιστευμένο φορέα ή από τον επιβλέποντα μηχανικό κατά Π.Δ. 778/80, άρθρο 3, παράγραφος 2 και Υ.Α. 14867/825/2014<sup>12</sup>, άρθρο 5 (PP<sub>17</sub> πιθανότητα αστοχίας).
18. Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι πιστοποιημένη (PP<sub>18</sub> πιθανότητα αστοχίας).
19. Τοποθέτηση μικροϋλικών εντός περιεκτών (PP<sub>19</sub> πιθανότητα αστοχίας).
20. Τήρηση αποστάσεων από δίκτυα υψηλής τάσεως της ΔΕΗ (PP<sub>20</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Χρήση πλέγματος/αγκίστρων (σύστημα συγκράτησης)/σχοινιών (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Παρουσία ατόμου επίβλεψης για παροχή Α' βοήθειας (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).

---

<sup>9</sup> <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/260-81.1111909883927.pdf>

<sup>10</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/a193\\_80.1141221378782.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/a193_80.1141221378782.pdf)

<sup>11</sup> <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/31-90.1110111740192.pdf>

<sup>12</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/1241b\\_14.1411035034875.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/1241b_14.1411035034875.pdf)

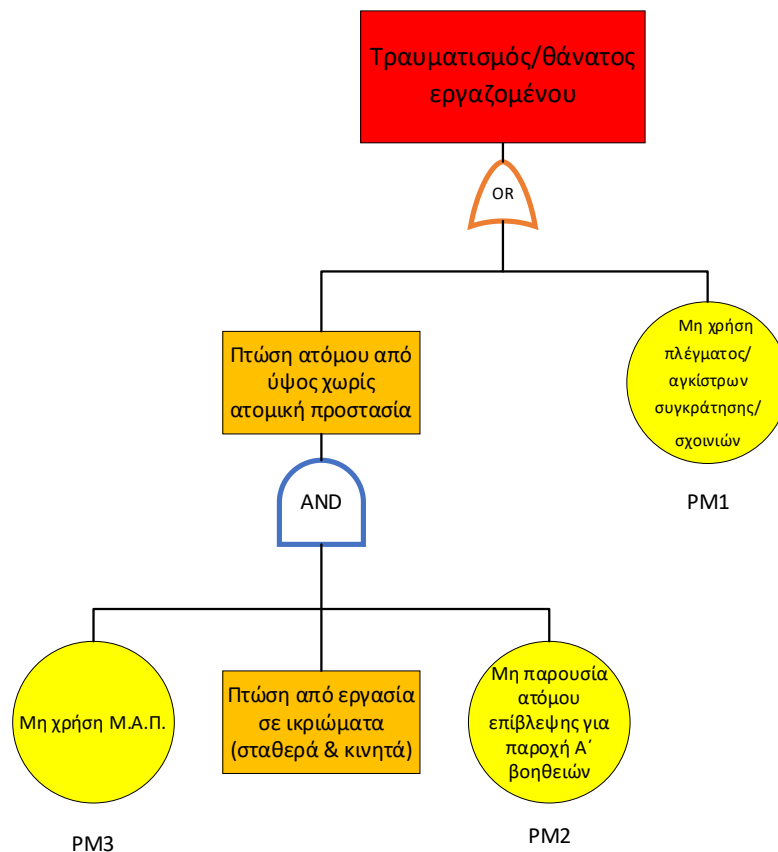
3. Χρήση Μ.Α.Π. (PM<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).

4. Περίφραξη χώρου (PM<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- PM<sub>1</sub>=0,5
- PM<sub>2</sub>=0,3
- PM<sub>3</sub>=0,4
- PM<sub>4</sub>=0,2

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου από πτώση από εργασία σε ικριώματα, τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου που βρίσκεται στο δάπεδο, θα χρειασθεί η δημιουργία δύο δέντρων αστοχιών.



Σχήμα 31. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο λόγω πτώσης από εργασία σε ικριώματα.

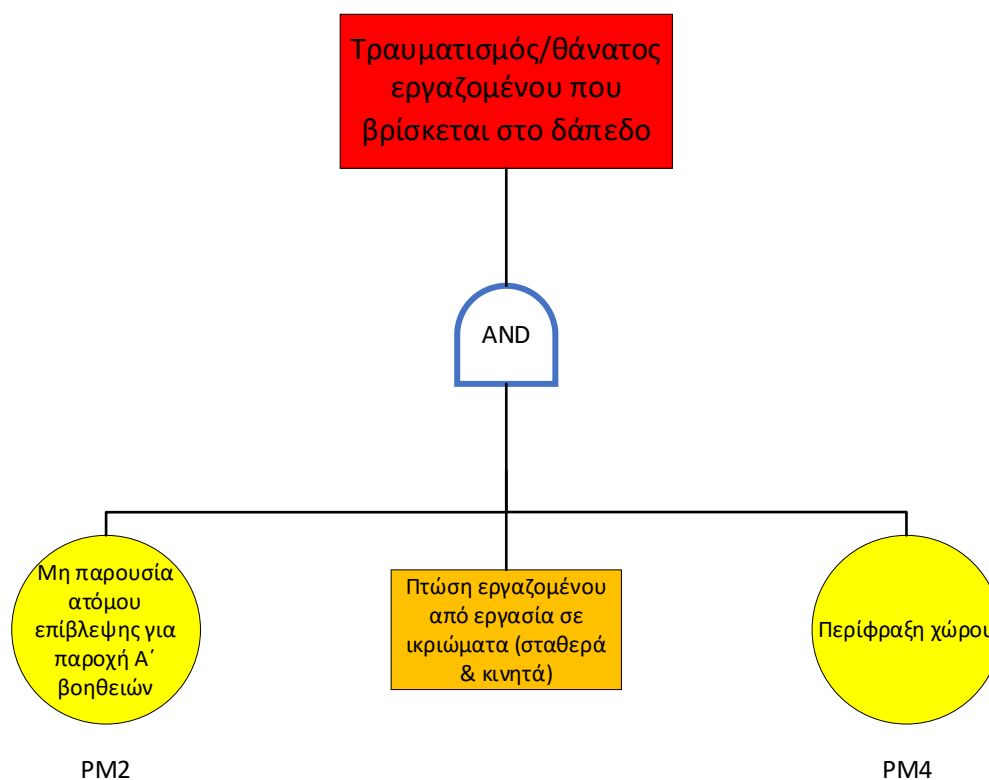
Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε

μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για τον ελαφρύ τραυματισμό και  $V_2=0,001$  αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι εργάζονται τέσσερις (4) εργαζόμενοι σε ικριώματα, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης εργασιών σε ικριώματα ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος πτώσης του εργαζομένου είναι  $E=0,25$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω πτώσης από εργασία σε ικριώματα, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot (1 - (1 - PM_2 \cdot PM_3) \cdot (1 - PM_1)) \cdot V_1 = 0,000767065 \approx 0,00077$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω πτώσης από εργασία σε ικριώματα, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot (1 - (1 - PM_2 \cdot PM_3) \cdot (1 - PM_1)) \cdot V_2 \approx 7,67 \cdot 10^{-6}$  θάνατος/άτομο/έτος.



Σχήμα 32. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου που βρίσκεται στο δάπεδο λόγω πτώσης συναδέλφου του από εργασία σε ικριώματα

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για τον ελαφρύ τραυματισμό και  $V_2=0,001$  αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπροσθέτως εκτιμάται ότι οι λοιποί εργαζόμενοι εντός της ημέρας εργασίας τους, βρίσκονται στο δάπεδο που τοποθετείται το ικρίωμα κατά 2,5%, όταν εκτελούνται εργασίες σε ικρίωματα.

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου που βρίσκεται στο δάπεδο λόγω πτώσης συναδέλφου του από εργασία σε ικρίωματα, με την εξίσωση:

$$r_1 = p \cdot F \cdot 0,025 \cdot PM_2 \cdot PM_4 \cdot V_1 \cdot E \approx 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ελαφρύς}$$

τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου που βρίσκεται στο δάπεδο λόγω πτώσης συναδέλφου του από εργασία σε ικρίωματα, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot 0,025 \cdot PM_2 \cdot PM_4 \cdot V_2 \cdot E \approx 1,5 \cdot 10^{-6}$  θάνατος/άτομο/έτος.

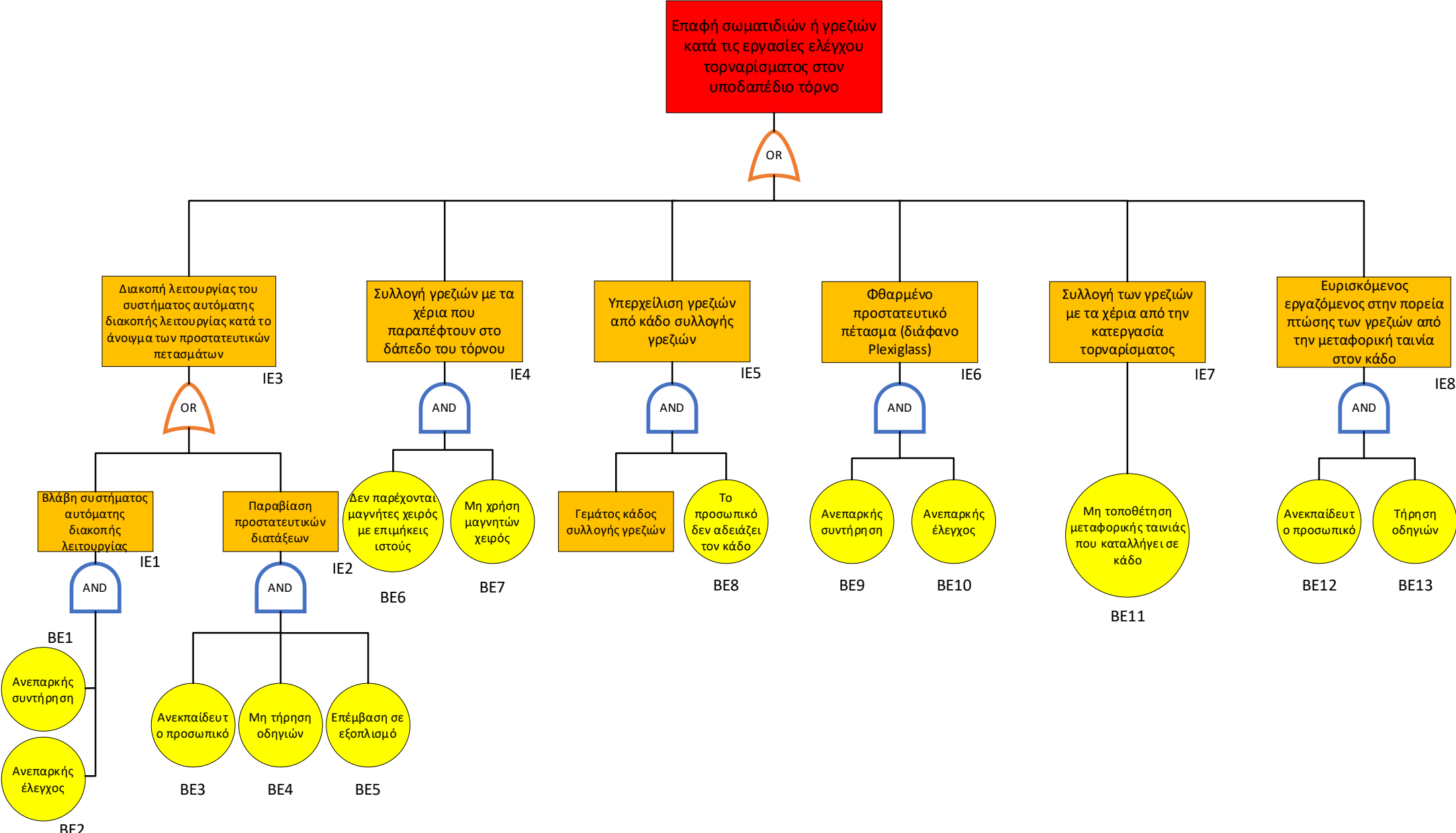
#### 2.2.9. Κίνδυνος επαφής σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1}=0,001$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2}=0,001$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,002$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,005$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=0,01$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=0,002$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,008$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,00001$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=0,001$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}}=0,001$
- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}}=0,000002$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}}=0,001$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}}=0,001$

Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = PP_{BE_1} \cdot PP_{BE_2} = 10^{-6}$
- $PP_{IE_2} = PP_{BE_3} \cdot PP_{BE_4} \cdot PP_{BE_5} = 10^{-7}$
- $PP_{IE_3} = 1 - (1 - PP_{IE_1}) \cdot (1 - PP_{IE_2}) = 1,1 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_4} = PP_{BE_6} \cdot PP_{BE_7} = 1,6 \cdot 10^{-5}$
- $PP_{IE_5} = PP_{BE_8} = 0,00001$



Σχήμα 33. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο από επαφή σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο

- $PP_{IE_6} = PP_{BE_9} \cdot PP_{BE_{10}} = 10^{-6}$
- $PP_{IE_7} = PP_{BE_{11}} = 0,000002$
- $PP_{IE_8} = PP_{BE_{12}} \cdot PP_{BE_{13}} = 10^{-6}$

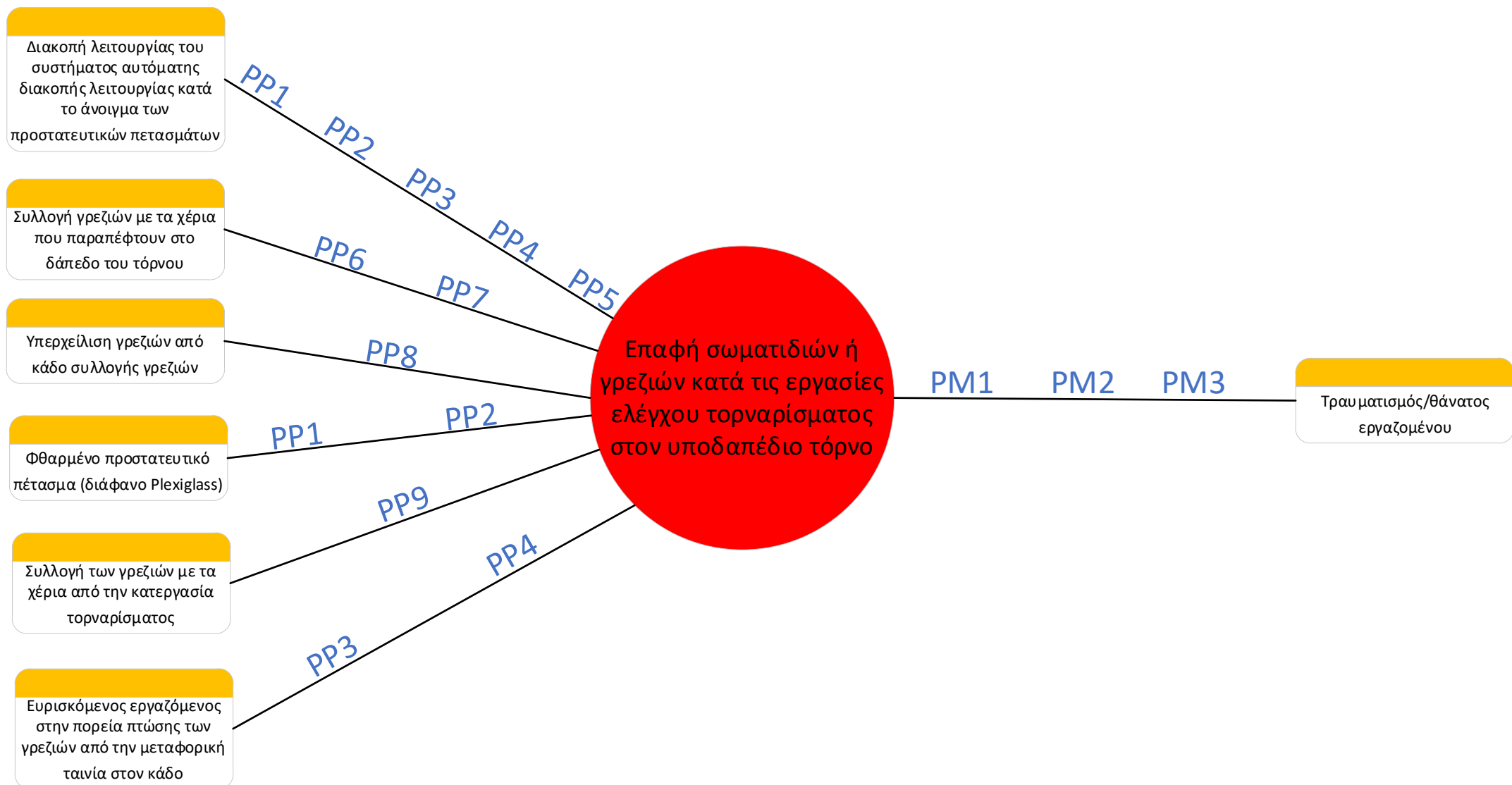
Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_3}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) \cdot (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{IE_7}) \cdot (1 - PP_{IE_8}) \approx 3,11 \cdot 10^{-5}$

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (χρήση υποδαπέδιου τórνου). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί σε τέσσερα (4) εξ αυτών εργασίες τονναρίσματος στους τροχούς τους. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 1.460 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 1.460$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) επαφής σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τονναρίσματος στον υποδαπέδιο τórνο ισούται με  $f = F \cdot p = 0,045405559 \approx 0,04541$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/22 έτη.

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Επαρκής συντήρηση συστήματος αυτόματης διακοπής λειτουργίας ( $PP_1$  πιθανότητα αστοχίας).
2. Επαρκής έλεγχος συστήματος αυτόματης διακοπής λειτουργίας ( $PP_2$  πιθανότητα αστοχίας).
3. Εκπαιδευμένος χειριστής υποδαπέδιου τórνου ( $PP_3$  πιθανότητα αστοχίας).
4. Τήρηση οδηγιών ασφαλούς εργασίας ( $PP_4$  πιθανότητα αστοχίας).
5. Αποφυγή επέμβασης σε εξοπλισμό ( $PP_5$  πιθανότητα αστοχίας).
6. Παροχή μαγνητών χειρός στους εργαζομένους, για την ασφαλή συλλογή γρεζιών και σωματιδίων που παραπέφτουν στο δάπεδο του τórνου ( $PP_6$  πιθανότητα αστοχίας).
7. Χρήση μαγνητών χειρός ( $PP_7$  πιθανότητα αστοχίας).
8. Άδειασμα γεμάτου κάδου συλλογής γρεζιών, προς αποφυγή υπερχειλίσης του ( $PP_8$  πιθανότητα αστοχίας).



Σχήμα 34. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο επαφής σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο.

9. Τοποθέτηση μεταφορικής ταινίας κάτω από τον τόρνο που καταλήγει σε κάδο συλλογής γρεζιών και σωματιδίων (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Παροχή Α' βοήθειας. (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Χρήση Μ.Α.Π. (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Ο εργαζόμενος έχει εμβολιασθεί (π.χ. αντιτετανικό εμβόλιο) (PM<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).

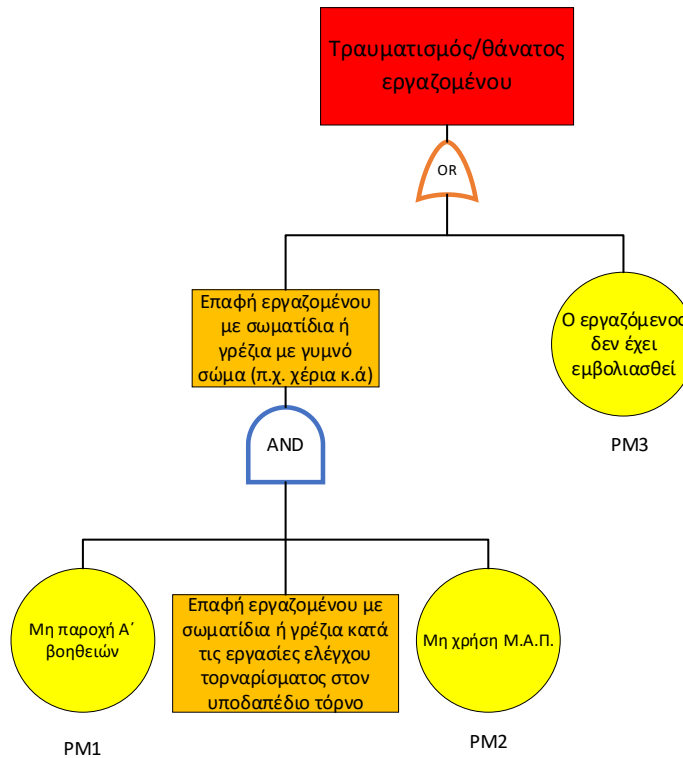
Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

- PM<sub>1</sub>=0,3
- PM<sub>2</sub>=0,4
- PM<sub>3</sub>=0,1

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου από επαφή με γρέζια ή σωματίδια κατά τις εργασίες τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο, θα χρειασθεί η δημιουργία ενός (1) δέντρου αστοχιών.

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή V<sub>1</sub>=0,1 για τον ελαφρύ τραυματισμό και V<sub>2</sub>=0,0001 αντίστοιχα για τον θάνατο.

Επιπλέον εκτιμάται ότι δύο (2) εργαζόμενοι εκτελούν τις εργασίες ελέγχου υποδαπέδιου τόρνου στο μηχανοστάσιο, οπότε το ποσοστό χρήσης υποδαπέδιου τόρνου ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος επαφής με σωματίδια ή γρέζια είναι E=0,5.



Σχήμα 35. Διάγραμμα Fault Tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου που έρχεται σε επαφή με σωματίδια ή γρέζια κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποσταπέδιο τόρνο.

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω επαφής σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποσταπέδιο τόρνο, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot (1 - (1 - PM_1 \cdot PM_2) \cdot (1 - PM_3)) \cdot V_1 \approx 4,72 \cdot 10^{-4}$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος. Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω επαφής σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποσταπέδιο τόρνο, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot (1 - (1 - PM_1 \cdot PM_2) \cdot (1 - PM_3)) \cdot V_2 \approx 4,72 \cdot 10^{-7}$  θάνατος/άτομο/έτος.

#### 2.2.10. Κίνδυνος έκρηξης φιάλης υπό πίεση

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1} = 10^{-7}$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2} = 10^{-7}$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3} = 2 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4} = 5 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5} = 10^{-7}$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6} = 10^{-8}$

- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=2 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=10^{-4}$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=5 \cdot 10^{-4}$
- Για το BE<sub>10</sub>,  $P_{BE_{10}}=0,001$
- Για το BE<sub>11</sub>,  $P_{BE_{11}}=1,5 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>12</sub>,  $P_{BE_{12}}=5 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>13</sub>,  $P_{BE_{13}}=10^{-6}$
- Για το BE<sub>14</sub>,  $P_{BE_{14}}=5 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>15</sub>,  $P_{BE_{15}}=0,001$
- Για το BE<sub>16</sub>,  $P_{BE_{16}}=3 \cdot 10^{-5}$
- Για το BE<sub>17</sub>,  $P_{BE_{17}}=10^{-5}$
- Για το BE<sub>18</sub>,  $P_{BE_{18}}=10^{-4}$
- Για το BE<sub>19</sub>,  $P_{BE_{19}}=10^{-5}$
- Για το BE<sub>20</sub>,  $P_{BE_{20}}=2 \cdot 10^{-4}$
- Για το BE<sub>21</sub>,  $P_{BE_{21}}=10^{-4}$
- Για το BE<sub>22</sub>,  $P_{BE_{22}}=5 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>23</sub>,  $P_{BE_{23}}=10^{-6}$
- Για το BE<sub>24</sub>,  $P_{BE_{24}}=2 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>25</sub>,  $P_{BE_{25}}=10^{-7}$
- Για το BE<sub>26</sub>,  $P_{BE_{26}}=4 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>27</sub>,  $P_{BE_{27}}=1,5 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>28</sub>,  $P_{BE_{28}}=1,5 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>29</sub>,  $P_{BE_{29}}=2 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>30</sub>,  $P_{BE_{30}}=3 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>31</sub>,  $P_{BE_{31}}=10^{-7}$
- Για το BE<sub>32</sub>,  $P_{BE_{32}}=5 \cdot 10^{-8}$
- Για το BE<sub>33</sub>,  $P_{BE_{33}}=2 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>34</sub>,  $P_{BE_{34}}=10^{-7}$
- Για το BE<sub>35</sub>,  $P_{BE_{35}}=10^{-8}$
- Για το BE<sub>36</sub>,  $P_{BE_{36}}=4 \cdot 10^{-6}$
- Για το BE<sub>37</sub>,  $P_{BE_{37}}=5 \cdot 10^{-8}$
- Για το BE<sub>38</sub>,  $P_{BE_{38}}=10^{-6}$
- Για το BE<sub>39</sub>,  $P_{BE_{39}}=2 \cdot 10^{-7}$
- Για το BE<sub>40</sub>,  $P_{BE_{40}}=10^{-6}$
- Για το BE<sub>41</sub>,  $P_{BE_{41}}=0,0001$
- Για το BE<sub>42</sub>,  $P_{BE_{42}}=0,0008$
- Για το BE<sub>43</sub>,  $P_{BE_{43}}=5 \cdot 10^{-7}$

Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

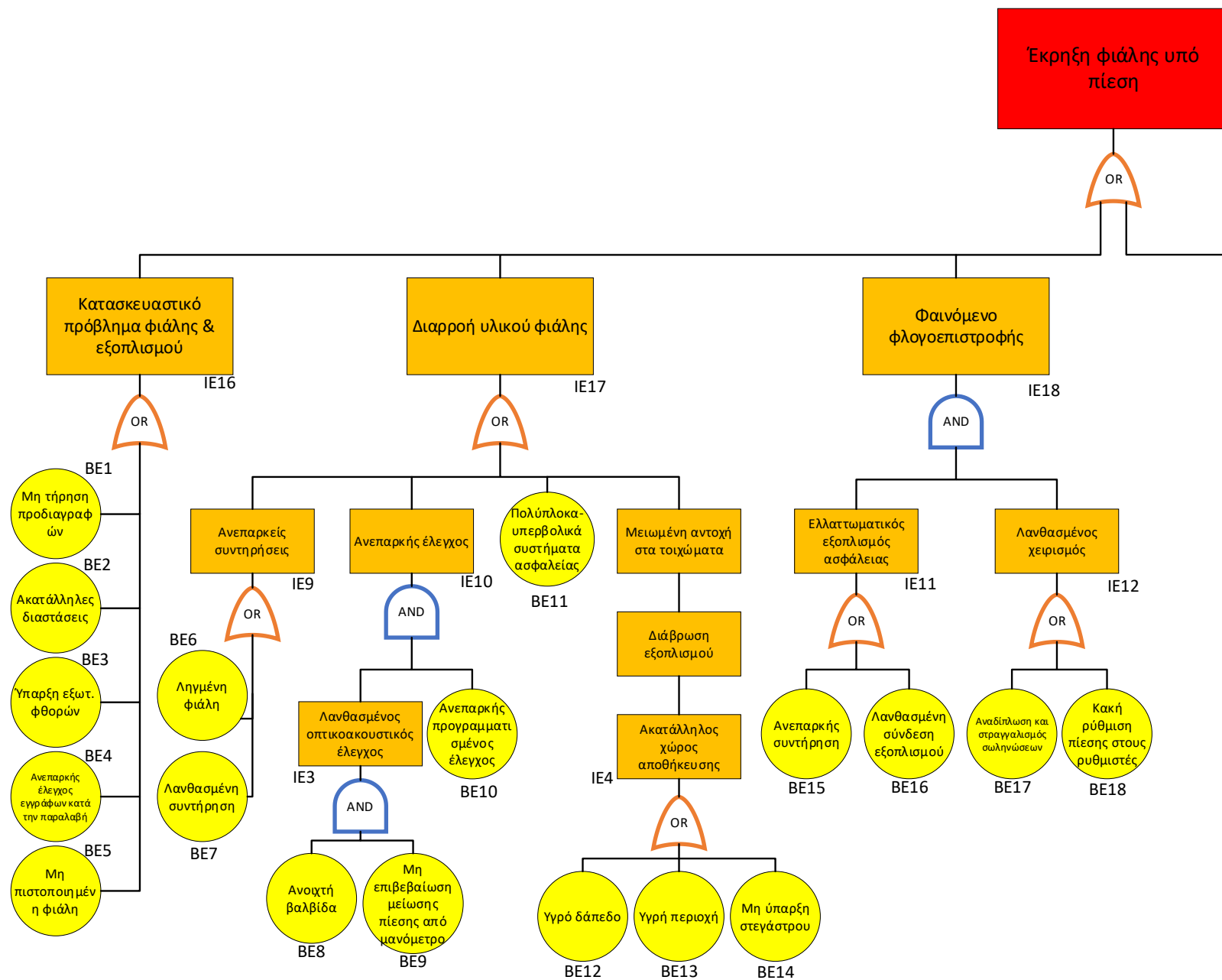
- $PP_{IE_1} = PP_{BE_{22}} = 5 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_2} = 1 - (1 - PP_{BE_{28}}) \cdot (1 - PP_{BE_{29}}) \cdot (1 - PP_{BE_{30}}) \cdot (1 - PP_{BE_{31}}) = 7,5 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_3} = PP_{BE_8} \cdot PP_{BE_9} = 5 \cdot 10^{-8}$
- $PP_{IE_4} = 1 - (1 - PP_{BE_{12}}) \cdot (1 - PP_{BE_{13}}) \cdot (1 - PP_{BE_{14}}) = 1,1 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_5} = PP_{BE_{15}} \cdot PP_{BE_{16}} \cdot PP_{BE_{17}} = 2 \cdot 10^{-13}$
- $PP_{IE_6} = 1 - (1 - PP_{IE_1}) \cdot (1 - PP_{BE_{23}}) \cdot (1 - PP_{BE_{24}}) = 1,7 \cdot 10^{-6}$

- $PP_{IE_7} = 1 - (1 - PP_{IE_2}) \cdot (1 - PP_{BE_{27}}) = 9 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_8} = 1 - (1 - PP_{BE_{37}}) \cdot (1 - PP_{BE_{38}}) \cdot (1 - PP_{BE_{39}}) = 1,25 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_9} = 1 - (1 - PP_{BE_6}) \cdot (1 - PP_{BE_7}) = 2,1 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_{10}} = PP_{IE_3} \cdot PP_{BE_{10}} = 5 \cdot 10^{-11}$
- $PP_{IE_{11}} = 1 - (1 - PP_{BE_{15}}) \cdot (1 - PP_{BE_{16}}) = 0,00102997$
- $PP_{IE_{12}} = 1 - (1 - PP_{BE_{17}}) \cdot (1 - PP_{BE_{18}}) = 0,0001999$
- $PP_{IE_{13}} = 1 - (1 - PP_{IE_5}) \cdot (1 - PP_{IE_6}) \cdot (1 - PP_{BE_{25}}) = 1,8 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_{14}} = 1 - (1 - PP_{IE_7}) \cdot (1 - PP_{BE_{26}}) = 1,3 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_{15}} = PP_{BE_{41}} \cdot PP_{BE_{42}} = 8 \cdot 10^{-8}$
- $PP_{IE_{16}} = 1 - (1 - PP_{BE_1}) \cdot (1 - PP_{BE_2}) \cdot (1 - PP_{BE_3}) \cdot (1 - PP_{BE_4}) \cdot (1 - PP_{BE_5}) = 10^{-6}$
- $PP_{IE_{17}} = 1 - (1 - PP_{IE_9}) \cdot (1 - PP_{IE_{10}}) \cdot (1 - PP_{BE_{11}}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) = 1,46 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_{18}} = PP_{IE_{11}} \cdot PP_{IE_{22}} = 2 \cdot 10^{-9}$
- $PP_{IE_{19}} = 1 - (1 - PP_{IE_{13}}) \cdot (1 - PP_{IE_{14}}) \cdot (1 - PP_{BE_{32}}) = 3,15 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_{20}} = 1 - (1 - PP_{IE_{33}}) \cdot (1 - PP_{BE_{34}}) \cdot (1 - PP_{BE_{35}}) \cdot (1 - PP_{BE_{36}}) \cdot (1 - PP_{IE_8}) = 2,56 \cdot 10^{-6}$
- $PP_{IE_{21}} = 1 - (1 - PP_{IE_{15}}) \cdot (1 - PP_{BE_{40}}) \cdot (1 - PP_{BE_{43}}) = 1,58 \cdot 10^{-6}$

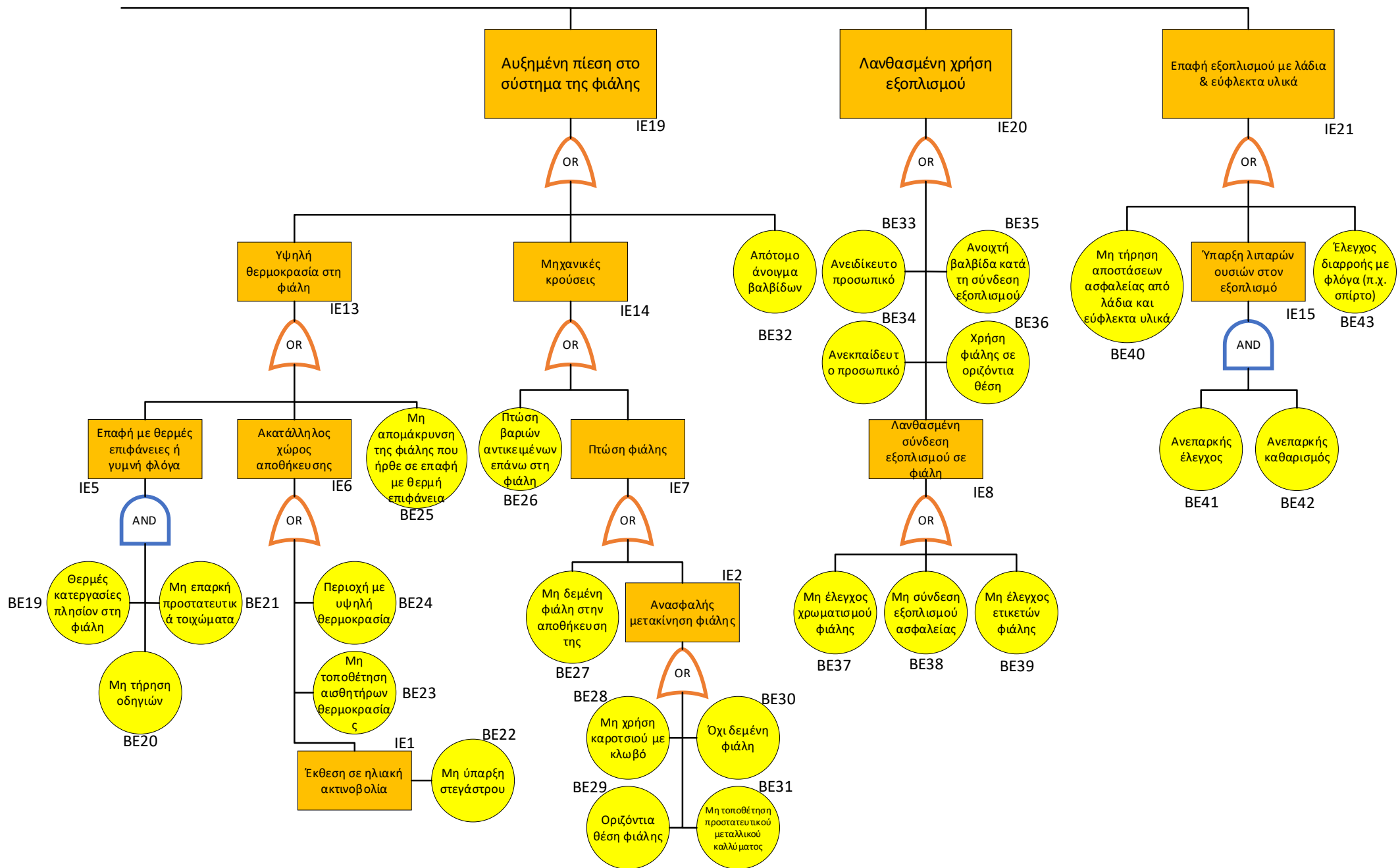
Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_{16}}) \cdot (1 - PP_{IE_{17}}) \cdot (1 - PP_{IE_{18}}) \cdot (1 - PP_{IE_{19}}) \cdot (1 - PP_{IE_{20}}) \cdot (1 - PP_{IE_{21}}) = 9,75 \cdot 10^{-6}$

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαρόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (εργασία συγκόλλησης). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί εργασίες συγκολλήσεων σε τέσσερα (4) εξ αυτών. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας F ισούται με 1.460 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 1.460$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου (f) έκρηξης φιάλης υπό πίεση ισούται με  $f = F \cdot p = 0,014237928 \approx 0,01424$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/70 έτη.



Σχήμα 36. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο έκρηξης φιάλης υπό πίεση



Σχήμα 37. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο έκρηξης φιάλης υπό πίεση (συνέχεια Σχήματος 36).

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Τήρηση των κανόνων παραγωγής (επαρκής προδιαγραφές εξοπλισμού)<sup>13</sup> (PP<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Μη ύπαρξη εξωτερικών φθορών κατά την παραλαβή της φιάλης<sup>14</sup> (PP<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Κατάλληλες διαστάσεις εξοπλισμού (PP<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Έλεγχος εγγράφων κατά την παραλαβή φιαλών (PP<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
5. Πιστοποιημένη φιάλη (PP<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
6. Μη χρήση ληγμένης φιάλης (PP<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
7. Τήρηση συντηρήσεων από εξιδεικευμένο συνεργείο (π.χ. αναγόμευση) (PP<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
8. Κλείσιμο βαλβίδας κατά τον οπτικοακουστικό έλεγχο για πιθανή διαρροή (PP<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).
9. Επιβεβαίωση μείωσης πίεσης από το μανόμετρο (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
10. Επαρκής προγραμματισμένος έλεγχος φιαλών (PP<sub>10</sub> πιθανότητα αστοχίας).
11. Αποφυγή τοποθέτησης πολύπλοκων και υπερβολικών συστημάτων ασφαλείας στο σύστημα της φιάλης<sup>15</sup> (PP<sub>11</sub> πιθανότητα αστοχίας).
12. Αποθήκευση φιάλης σε δάπεδο που δεν είναι υγρό ή που δε πέφτουν νερά(Π.Δ.95/78<sup>16</sup>) (PP<sub>12</sub> πιθανότητα αστοχίας).
13. Αποθήκευση φιάλης σε μη υγρή περιοχή (PP<sub>13</sub> πιθανότητα αστοχίας).
14. Ύπαρξη στεγάστρου στον χώρο αποθήκευσης (PP<sub>14</sub> πιθανότητα αστοχίας).
15. Επαρκής συντήρηση ή αντικατάσταση εξοπλισμού ασφαλείας (PP<sub>15</sub> πιθανότητα αστοχίας).
16. Σωστή σύνδεση εξοπλισμού ασφαλείας (PP<sub>16</sub> πιθανότητα αστοχίας).

<sup>13</sup>

[https://www.google.com/search?client=firefox-b-](https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%86%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7)

<sup>14</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/b370\\_88.1132224447613.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/b370_88.1132224447613.pdf)

<sup>15</sup> <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/BIOMHXANIKA-AERIA.1175502081734.pdf>

<sup>16</sup> <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/20-78.1112011023198.pdf>

17. Αποφυγή αναδίπλωσης και στραγγαλισμού σωληνώσεων (PP<sub>17</sub> πιθανότητα αστοχίας).
18. Σωστή ρύθμιση πιέσεως στους ρυθμιστές (PP<sub>18</sub> πιθανότητα αστοχίας).
19. Αποφυγή θερμών εργασιών πλησίον της φιάλης (PP<sub>19</sub> πιθανότητα αστοχίας).
20. Επαρκή προστατευτικά τοιχώματα<sup>17</sup> (PP<sub>20</sub> πιθανότητα αστοχίας).
21. Τήρηση κανόνων και οδηγιών από συγκολλητή (PP<sub>21</sub> πιθανότητα αστοχίας).
22. Αποθήκευση φιάλης σε περιοχή που δεν υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες (PP<sub>22</sub> πιθανότητα αστοχίας).
23. Τοποθέτηση αισθητήρων θερμοκρασίας για προειδοποίηση ή και για μείωση της θερμοκρασίας (PP<sub>23</sub> πιθανότητα αστοχίας).
24. Απομάκρυνση φιάλης που έχει έρθει σε επαφή με θερμή επιφάνεια (PP<sub>24</sub> πιθανότητα αστοχίας).
25. Αποφυγή πτώσης βαριών αντικειμένων επάνω στη φιάλη (PP<sub>25</sub> πιθανότητα αστοχίας).
26. Δεμένη φιάλη στην αποθήκευση της (Π.Δ.95/78) (PP<sub>26</sub> πιθανότητα αστοχίας).
27. Χρήση καροτσιού με κλωβό κατά τη μετακίνηση της φιάλης (PP<sub>27</sub> πιθανότητα αστοχίας).
28. Μετακίνηση της φιάλης σε κατακόρυφη θέση (PP<sub>28</sub> πιθανότητα αστοχίας).
29. Δέσιμο φιάλης κατά την μετακίνηση της (Π.Δ.95/78) (PP<sub>29</sub> πιθανότητα αστοχίας).
30. Τοποθέτηση προστατευτικού μεταλλικού καλύμματος κατά τη μετακίνηση της φιάλης<sup>18</sup> (PP<sub>30</sub> πιθανότητα αστοχίας).

---

<sup>17</sup>

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA\\_SEMINARIA/KYKLOS%20SEMINARION%20MIKRIS%20DIARKIAS/SHMEIWSEIS/YGEIA%20KAI%20ASFALeia%20STH%20BIOMHXANIA/17%C2%C9%CF%CC%C7%D7%C1%CD%C9%CA%C1%20%C1%C5%D1%C9%C1-ACROBAT%20READER.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/KYKLOS%20SEMINARION%20MIKRIS%20DIARKIAS/SHMEIWSEIS/YGEIA%20KAI%20ASFALeia%20STH%20BIOMHXANIA/17%C2%C9%CF%CC%C7%D7%C1%CD%C9%CA%C1%20%C1%C5%D1%C9%C1-ACROBAT%20READER.pdf)

<sup>18</sup> <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/BIOMHXANIKΑ-AERIA.1175502081734.pdf>

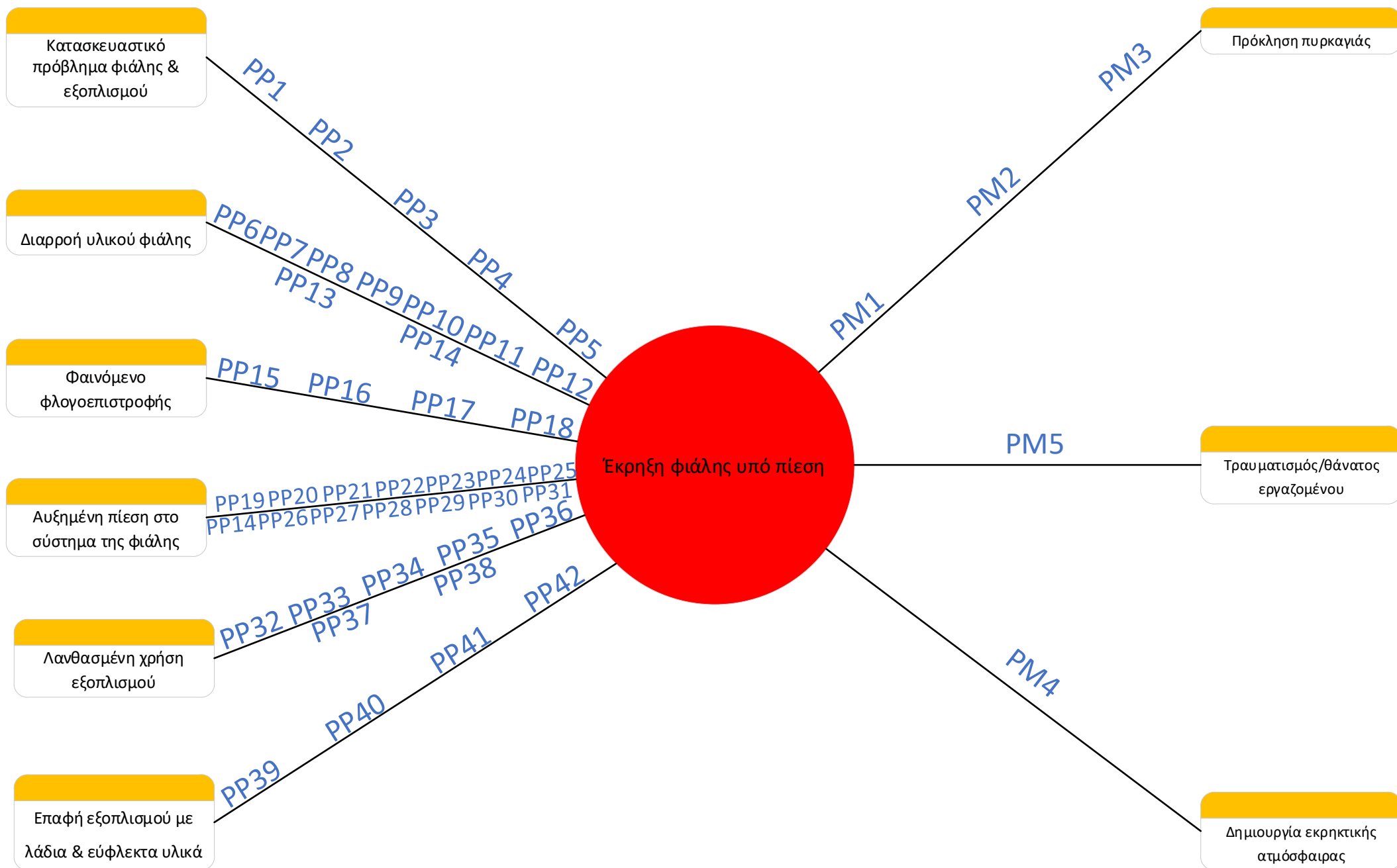
31. Υπολογισμένο και όχι απότομο άνοιγμα βαλβίδας για αποφυγή απότομης αύξησης πίεσεως στο σύστημα της φιάλης (PP<sub>31</sub> πιθανότητα αστοχίας).
32. Εξειδικευμένο προσωπικό (PP<sub>32</sub> πιθανότητα αστοχίας).
33. Εκπαιδευμένο προσωπικό<sup>19</sup> (PP<sub>33</sub> πιθανότητα αστοχίας).
34. Κλειστή βαλβίδα κατά τη σύνδεση του εξοπλισμού (PP<sub>34</sub> πιθανότητα αστοχίας).
35. Κατά τη χρήση της φιάλης να τοποθετείται σε κάθετη θέση<sup>20</sup> (PP<sub>35</sub> πιθανότητα αστοχίας).
36. Έλεγχος χρωματισμού φιάλης (Υ.Α. 12502/206/89<sup>21</sup>) κατά τη σύνδεση του εξοπλισμού σε αυτήν (PP<sub>36</sub> πιθανότητα αστοχίας).
37. Σύνδεση εξοπλισμού ασφαλείας στο σύστημα της φιάλης (PP<sub>37</sub> πιθανότητα αστοχίας).
38. Έλεγχος ετικετών φιάλης κατά τη σύνδεση του εξοπλισμού σε αυτήν (PP<sub>38</sub> πιθανότητα αστοχίας).
39. Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας από λάδια και εύφλεκτα υλικά (PP<sub>39</sub> πιθανότητα αστοχίας).
40. Επαρκής έλεγχος για τυχόν λιπαρές ουσίες στον εξοπλισμό (στα σπειρώματα ή στον καυστήρα) (PP<sub>40</sub> πιθανότητα αστοχίας).
41. Επαρκής καθαρισμός του εξοπλισμού από λιπαρές ουσίες (PP<sub>41</sub> πιθανότητα αστοχίας).
42. Αποφυγή ελέγχου διαρροής με χρήση φλόγας (π.χ. σπέρτο) (Π.Δ.95/78) (PP<sub>42</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Επείγουσα κλήση σε αρμόδιες αρχές . (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Απομάκρυνση εύφλεκτων υλικών και λοιπών φιαλών. (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).

---

<sup>19</sup> <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/BIOMHXANIKA-AERIA.1175502081734.pdf>

<sup>20</sup> [https://www.tuc.gr/fileadmin/users\\_data/worksafety/fiales.pdf](https://www.tuc.gr/fileadmin/users_data/worksafety/fiales.pdf)

<sup>21</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/b466\\_89.1134998148151.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/b466_89.1134998148151.pdf)



Σχήμα 38. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο έκρηξης φιάλης υπό πίεση.

3. Ενεργοποίηση συστημάτων πυροπροστασίας (Π.Δ.95/78) ( $PM_3$  πιθανότητα αστοχίας).
4. Ισχυρός αερισμός χώρος ( $PM_4$  πιθανότητα αστοχίας).
5. Παροχή Α' βοηθειών ( $PM_5$  πιθανότητα αστοχίας).

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

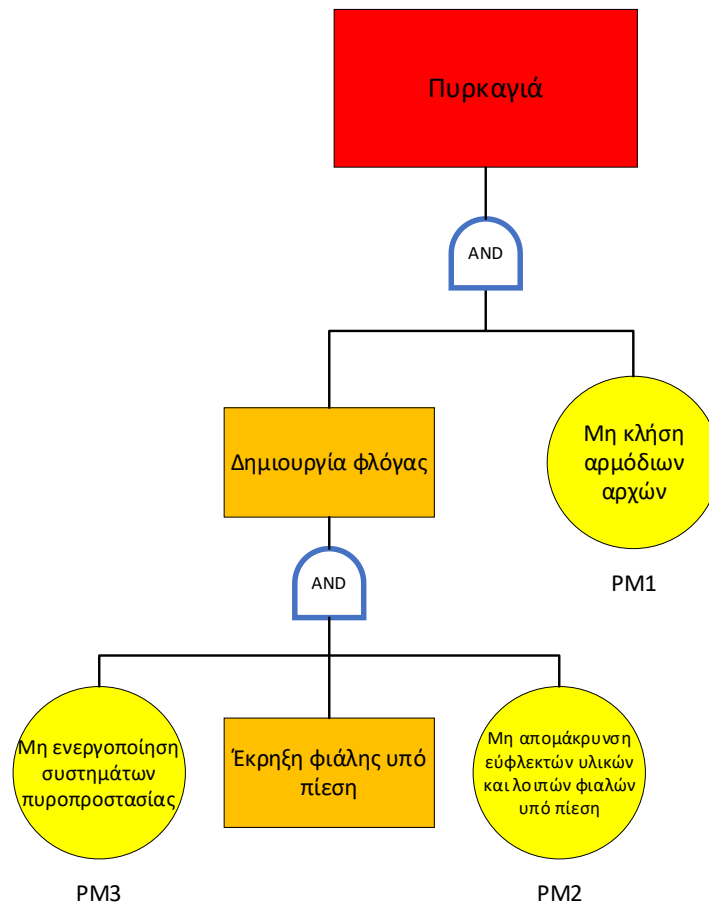
- $PM_1=0,05$                       •  $PM_3=0,2$                       •  $PM_5=0,5$
- $PM_2=0,4$                       •  $PM_4=0,1$

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για την πρόκληση πυρκαγιάς λόγω έκρηξη φιάλης υπό πίεση, θα χρειασθεί η δημιουργία ενός (1) δέντρου αστοχιών.

Επίσης επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να ορισθεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για την μικρή πρόκληση πυρκαγιάς και  $V_2=0,001$  για την ανεξέλεγκτη πυρκαγιά.

Υπολογίζεται η συχνότητα μικρής πρόκλησης πυρκαγιάς λόγω έκρηξη φιάλης υπό πίεση, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_1 = 0,000179398 \approx 0,00018$  μικρή πρόκληση πυρκαγιάς/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα πρόκλησης ανεξέλεγκτης πυρκαγιάς λόγω έκρηξη φιάλης υπό πίεση, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot PM_1 \cdot PM_2 \cdot PM_3 \cdot V_2 \approx 1,8 \cdot 10^{-6}$  ανεξέλεγκτη πυρκαγιά/έτος.



Σχήμα 39. Διάγραμμα Fault Tree για την πρόκληση πυρκαγιάς λόγω έκρηξης φιάλης υπό πίεση.

Επιπροσθέτως επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να ορισθεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για τον ελαφρύ τραυματισμό εργαζομένου και  $V_2=0,001$  για τον θάνατο του εργαζομένου.

Επίσης εκτιμάται ότι ένας (1) εργαζόμενος εκτελεί τις εργασίες συγκολλήσεων στο μηχανοστάσιο, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης συγκόλλησης ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος έκρηξης φιάλης υπό πίεση είναι  $E=1$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω έκρηξης φιάλης υπό πίεση, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot PM_5 \cdot V_1 = 0,000712 \approx 0,000712$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω έκρηξης φιάλης υπό πίεση, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot PM_5 \cdot V_2 \approx 7,12 \cdot 10^{-6}$  θάνατος/άτομο/έτος.

Επιπλέον επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,6$  για την μικρή ποσότητα εκρηκτικής ατμόσφαιρας και  $V_2=0,006$  για την μεγάλη ποσότητα εκρηκτικής ατμόσφαιρας.

Υπολογίζεται η συχνότητα μικρής ποσότητας εκρηκτικής ατμόσφαιρας λόγω έκρηξης της φιάλης υπό πίεση, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot PM_4 \cdot V_1 = 0,000854276 \approx 0,00085$  μικρή ποσότητα εκρηκτικής ατμόσφαιρας/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα μεγάλης ποσότητας εκρηκτικής ατμόσφαιρας λόγω έκρηξης της φιάλης υπό πίεση, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot PM_4 \cdot V_2 \approx 8,5 \cdot 10^{-6}$  μεγάλη ποσότητα εκρηκτικής ατμόσφαιρας/έτος.

#### 2.2.11. Κίνδυνος διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δηζελάμαξας

Οι πιθανότητες ενεργοποίησης των βασικών γεγονότων (Basic Events-BE) εκτιμώνται και είναι ως εξής:

- Για το BE<sub>1</sub>,  $P_{BE_1}=0,001$
- Για το BE<sub>2</sub>,  $P_{BE_2}=0,001$
- Για το BE<sub>3</sub>,  $P_{BE_3}=0,0005$
- Για το BE<sub>4</sub>,  $P_{BE_4}=0,001$
- Για το BE<sub>5</sub>,  $P_{BE_5}=0,001$
- Για το BE<sub>6</sub>,  $P_{BE_6}=0,002$
- Για το BE<sub>7</sub>,  $P_{BE_7}=0,001$
- Για το BE<sub>8</sub>,  $P_{BE_8}=0,001$
- Για το BE<sub>9</sub>,  $P_{BE_9}=0,025$

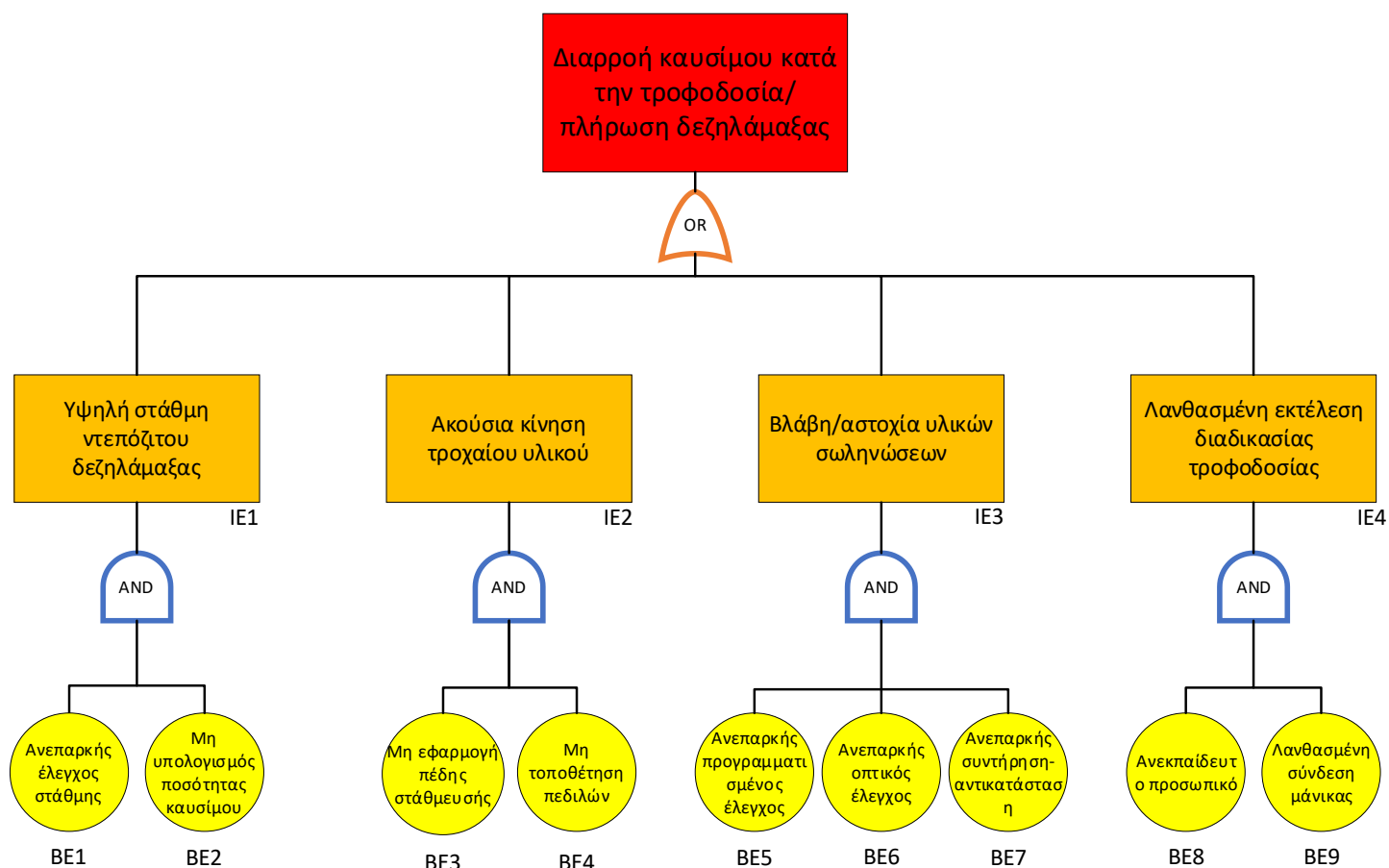
Αρχικά χρησιμοποιείται το δέντρο αστοχιών, προκειμένου να υπολογισθεί η συνδυαστική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων πρόληψης για k γεγονότα (PP<sub>k</sub>). Οπότε σύμφωνα με τους κανόνες για συνδυασμό των πυλών ισχύει:

- $PP_{IE_1} = PP_{BE_1} \cdot PP_{BE_2} = 10^{-7}$
- $PP_{IE_2} = PP_{BE_3} \cdot PP_{BE_4} = 5 \cdot 10^{-7}$
- $PP_{IE_3} = PP_{BE_5} \cdot PP_{BE_6} \cdot PP_{BE_7} = 2 \cdot 10^{-10}$
- $PP_{IE_4} = PP_{BE_8} \cdot PP_{BE_9} = 2,5 \cdot 10^{-5}$

Εφόσον ο τελευταίος κόμβος συνδέεται με πύλη «OR» η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου θα ισούται με  $p = 1 - (1 - PP_{IE_1}) \cdot (1 - PP_{IE_2}) \cdot (1 - PP_{IE_3}) \cdot (1 - PP_{IE_4}) = 2,56002 \cdot 10^{-5}$

Επειδή σε κάθε μηχανοστάσιο επισκευάζονται ή ελέγχονται διαφορετικές ποσότητες τροχαίων υλικών (μηχανές, βαγόνια) επιλέγεται κατά μέσο όρο η συχνότητα εκτέλεσης της διαδικασίας (τροφοδοσία δεζηλάμαξας). Πιο συγκεκριμένα εφόσον εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο επισκευάζονται δεκατέσσερα (14) τροχαία υλικά στην ημέρα, τα πέντε (5) κατά μέσο όρο θα λειτουργούν οι μηχανές τους με πετρέλαιο (δεζηλάμαξες), οπότε σε αυτά θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί τροφοδοσία/πλήρωση καυσίμου. Οπότε η συχνότητα εκτέλεσης της συγκεκριμένης διαδικασίας  $F$  ισούται με 1.825 διαδικασίες ανά έτος (365 ημέρες) ή  $F = 1.825$  διαδικασίες/έτος.

Τέλος η συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου ( $f$ ) διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δεζηλάμαξας ισούται με  $f = F \cdot p = 0,046720338 \approx 0,04672$  γεγονότα/έτος ή περίπου 1 γεγονός/21 έτη.



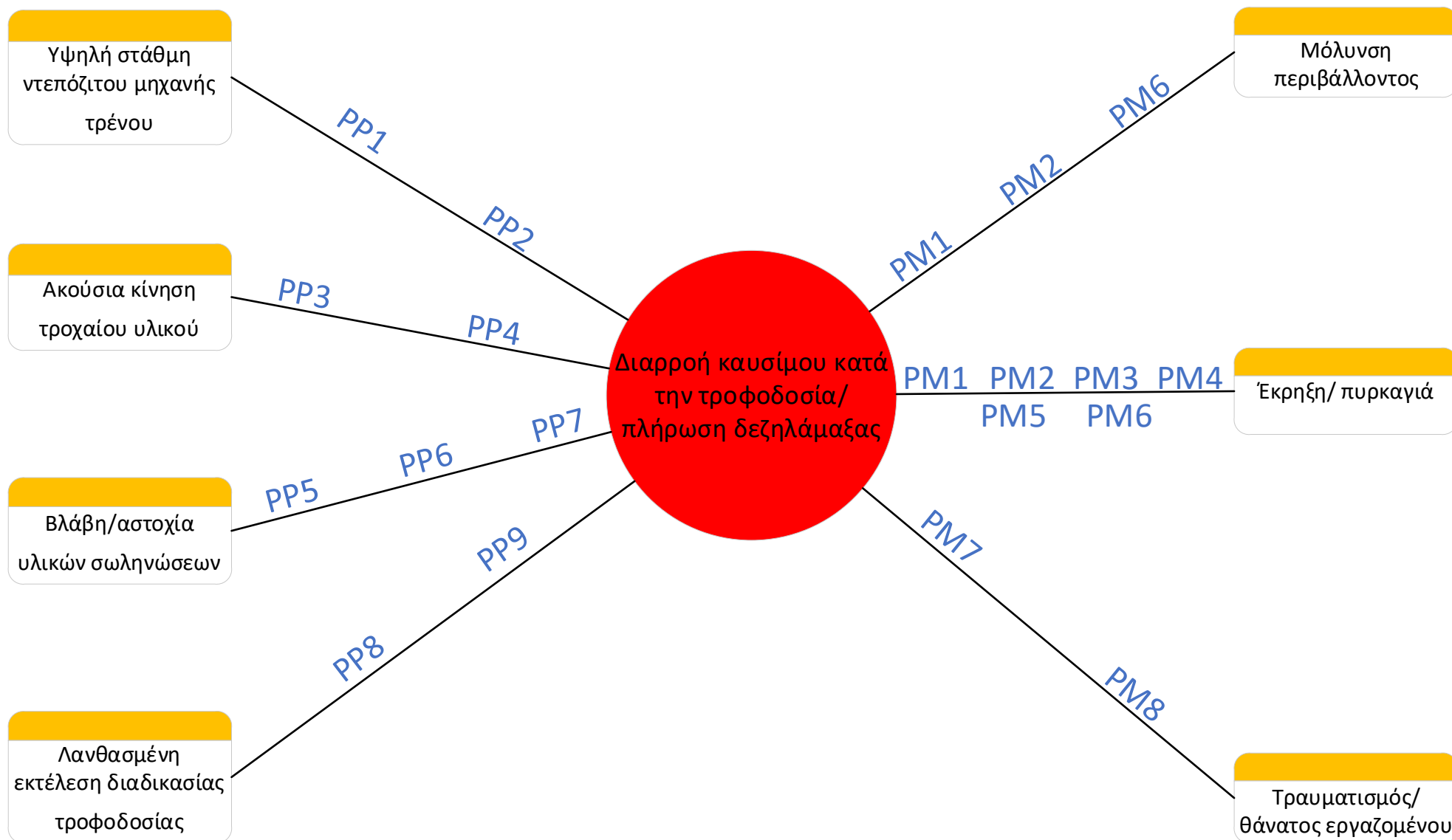
Σχήμα 40. Διάγραμμα Fault Tree για τον κίνδυνο διαρροής καυσίμου.

Στο κάτωθι Bow-Tie ισχύει:

1. Έλεγχος υπερχειλίσης της στάθμης του ντεπόζιτου ή ύπαρξη ασφαλιστικού προστασίας από υπερχειλίση (PP<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Υπολογισμός καυσίμου που χρειάζεται η δηζελάμαξα (PP<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Εφαρμογή πέδης στάθμευσης (PP<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Εφαρμογή πεδιλών σε τουλάχιστον έναν τροχό (PP<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
5. Επαρκής προγραμματισμένος έλεγχος των σωληνώσεων (PP<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
6. Επαρκής οπτικός έλεγχος για τυχόν φθορές των σωληνώσεων (PP<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
7. Τήρηση συντηρήσεων ή αντικαταστάσεων (PP<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
8. Εκπαιδευμένο προσωπικό (PP<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).
9. Λανθασμένη σύνδεση μάνικας (PP<sub>9</sub> πιθανότητα αστοχίας).
1. Άμεση διακοπή τροφοδοσίας. (PM<sub>1</sub> πιθανότητα αστοχίας).
2. Ασφαλής περισυλλογή καυσίμου. (PM<sub>2</sub> πιθανότητα αστοχίας).
3. Σήμανση απαγόρευσης καπνίσματος/χρήση γυμνής φλόγας/χρήση κινητών τηλεφώνων (PM<sub>3</sub> πιθανότητα αστοχίας).
4. Μη τήρηση σημάνσεων απαγόρευσης (PM<sub>4</sub> πιθανότητα αστοχίας).
5. Ενεργοποίηση συστημάτων πυροπροστασίας (PM<sub>5</sub> πιθανότητα αστοχίας).
6. Κλήση αρμόδιων αρχών (PM<sub>6</sub> πιθανότητα αστοχίας).
7. Παροχή Α΄ βοηθειών (PM<sub>7</sub> πιθανότητα αστοχίας).
8. Χρήση Μ.Α.Π. (PM<sub>8</sub> πιθανότητα αστοχίας).

Στη συνέχεια εκτιμώνται οι δείκτες πιθανότητας αστοχιών των μέτρων προστασίας, ως εξής:

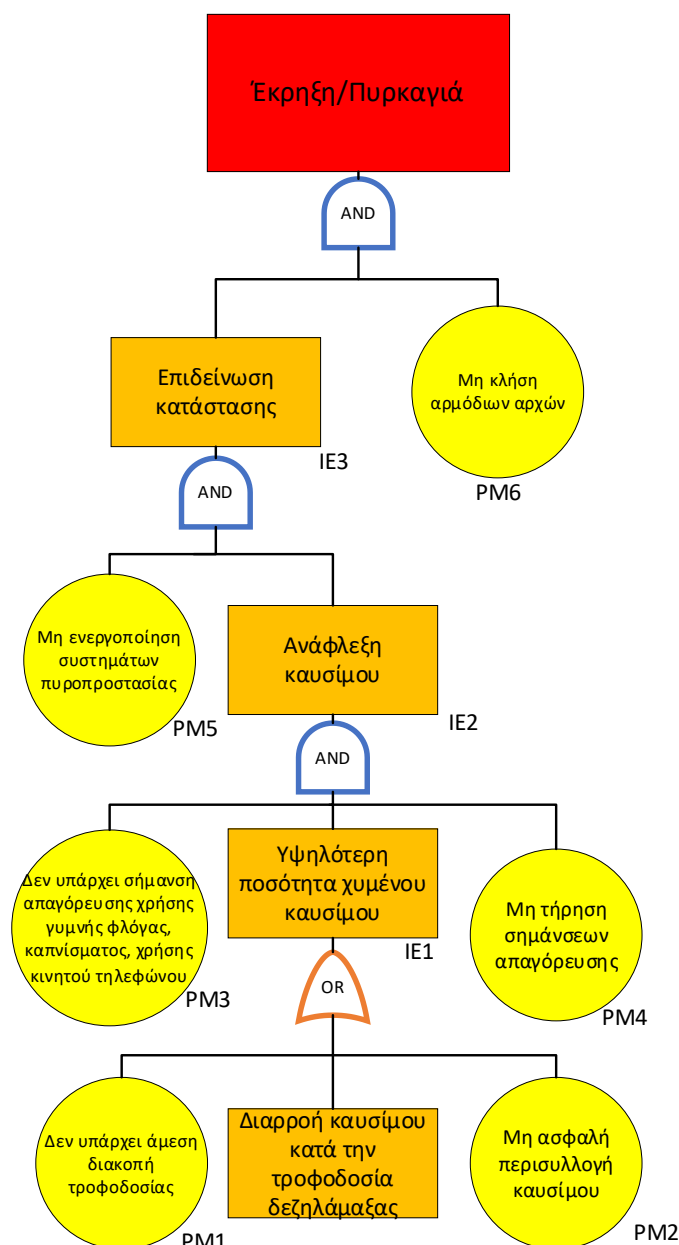
- |                        |                        |                         |                        |
|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| • PM <sub>1</sub> =0,4 | • PM <sub>3</sub> =0,4 | • PM <sub>5</sub> =0,2  | • PM <sub>7</sub> =0,3 |
| • PM <sub>2</sub> =0,4 | • PM <sub>4</sub> =0,5 | • PM <sub>6</sub> =0,05 | • PM <sub>8</sub> =0,4 |



Σχήμα 41. Διάγραμμα Bow-Tie για τον κίνδυνο διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δεζηλάμαξας.

Για να εξετασθεί η συνολική πιθανότητα αστοχίας των μέτρων για την μόλυνση του περιβάλλοντος, την πρόκληση πυρκαγιάς ή τον τραυματισμό/θάνατο του εργαζομένου λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία των δεξαμεμών, θα χρειασθεί η δημιουργία τριών (3) δέντρων αστοχιών.

Υπολογίζεται η συχνότητα ανεξέλεγκτης πρόκλησης πυρκαγιάς λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δεξαμεμάς, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot PM_{OL} \cdot V_2 \approx 5,98 \cdot 10^{-8}$  ανεξέλεγκτη πυρκαγιά/έτος.



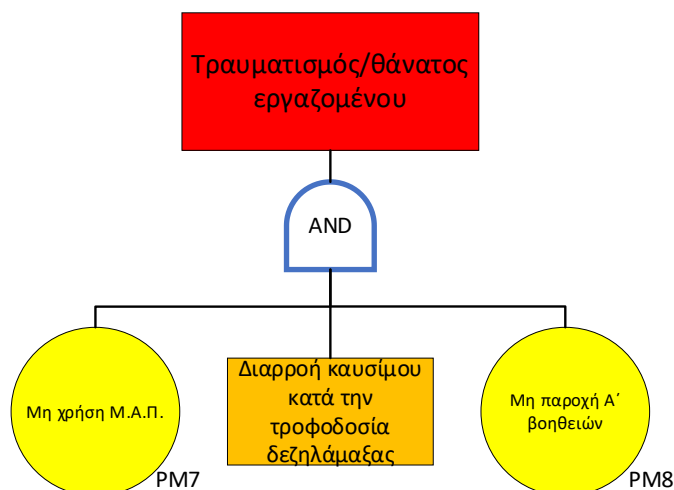
Σχήμα 42. Διάγραμμα Fault tree για την πρόκληση πυρκαγιάς λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δεξαμεμάς.

Στο Σχήμα 42 ισχύει:

- $PM_{IE_1} = 1 - (1 - PM_1) \cdot (1 - PM_2) = 0,64$
- $PM_{IE_2} = PM_3 \cdot PM_{IE_4} \cdot PM_4 = 0,128$
- $PM_{IE_3} = PM_{IE_2} \cdot PM_5 = 0,0256$
- $PM_{OL} = PM_{IE_3} \cdot PM_5 = 0,00128$

Επιπλέον επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για την μικρή πρόκληση πυρκαγιάς και  $V_2=0,001$  για την ανεξέλεγκτη πυρκαγιά.

Υπολογίζεται η συχνότητα μικρής πρόκλησης πυρκαγιάς λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δεξαμεμάζας, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot PM_{OL} \cdot V_1 \approx 5,98 \cdot 10^{-6}$  μικρή πρόκληση πυρκαγιάς/έτος.



Σχήμα 43. Διάγραμμα Fault tree για τον τραυματισμό/θάνατο εργαζομένου λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δεξαμεμάζας.

Επιπλέον επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να οριστεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για τον ελαφρύ τραυματισμό εργαζομένου και  $V_2=0,001$  για τον θάνατο του εργαζομένου.

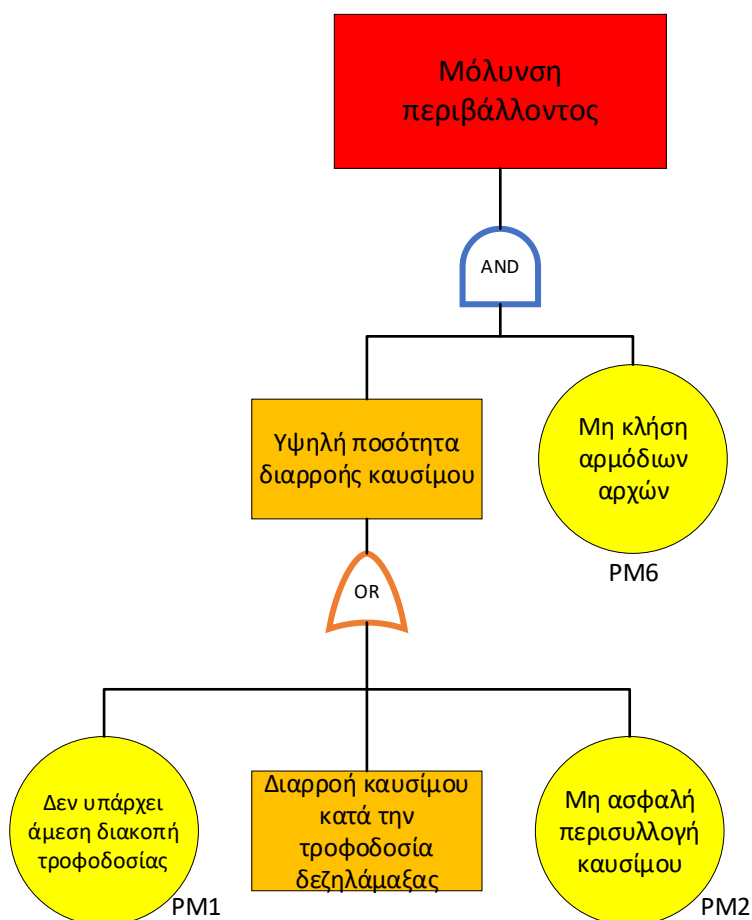
Επιπροσθέτως εκτιμάται ότι εργάζονται τέσσερις (4) εργαζόμενοι για την τροφοδοσία καυσίμου σε δεξαμεμάζας, οπότε το ποσοστό εκτέλεσης της διαδικασίας τροφοδοσίας

δηζελάμαζας ανά άτομο-εργαζόμενο, που εμφανίζεται ο κίνδυνος διαρροής καυσίμου είναι  $E=0,25$ .

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δηζελάμαζας, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_7 \cdot PM_8 \cdot V_1 = 0,000140161 \approx 0,00014$  ελαφρύς τραυματισμός/άτομο/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα θανάτου του εργαζομένου λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δηζελάμαζας, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot E \cdot PM_7 \cdot PM_8 \cdot V_2 \approx 1,4 \cdot 10^{-6}$  θάνατος/άτομο/έτος.

Επιπλέον επειδή οι παράγοντες της τρωτότητας εξαρτώνται από την διάρκεια και την επαναληπτικότητα του κινδύνου ενός χρονικού διαστήματος και διαφέρουν σε κάθε μηχανοστάσιο τρένων ανάλογα με το μέγεθος τους, επιλέχθηκε να ορισθεί μία τιμή  $V_1=0,1$  για την ελαφριά μόλυνση του περιβάλλοντος και  $V_2=0,0001$  για την μεγάλη μόλυνση του περιβάλλοντος.



Σχήμα 44. Διάγραμμα Fault tree για την μόλυνση περιβάλλοντος λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία δηζελάμαζας.

Υπολογίζεται η συχνότητα ελαφριά μόλυνση του περιβάλλοντος του εργαζομένου λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δηζελάμαξας, με την εξίσωση:  $r_1 = p \cdot F \cdot (1 - (1 - PM_1) \cdot (1 - PM_2)) \cdot PM_6 \cdot V_1 = 0,004587937 \approx 0,00459$  ελαφριά μόλυνση/έτος.

Υπολογίζεται η συχνότητα μεγάλης μόλυνσης λόγω διαρροής καυσίμου κατά την τροφοδοσία/πλήρωση δηζελάμαξας, με την εξίσωση:  $r_2 = p \cdot F \cdot (1 - (1 - PM_1) \cdot (1 - PM_2)) \cdot PM_6 \cdot V_2 \approx 4,59 \cdot 10^{-6}$  μεγάλη μόλυνση/έτος.

### 2.3. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Κάτωθι συνοψίζονται σε πίνακες τα αποτελέσματα της ανάλυσης των επιλεγόμενων ενδεικτικών κινδύνων ενός μηχανοστασίου τρένων ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισης του και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Πίνακας 4. Συχνότητα εμφάνισης των ενδεικτικών κινδύνων.

Ενδεικτικοί κίνδυνος	Συχνότητα εμφάνισης του ενδεικτικού κινδύνου (γεγονότα/χρονικό διάστημα)
Πρόσκρουση τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός	f=0,5 ή 1 γεγονός/2 έτη
Εκτίναξη σωλήνα κατά την διαδικασία ζεύξης-απόζευξης	f=0,013 ή 1 γεγονός/8 έτη
Πτώση εργαζομένου σε τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο	f=0,14 ή 1 γεγονός/7 έτη
Πτώση τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο	f=0,025 ή 1 γεγονός/40 έτη
Εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών	f=0,51 ή 1 γεγονός/2 έτη
Σπάσιμο εργαλείου χειρός	f=0,46 ή 1 γεγονός/2 έτη
Ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο	f=3,96 ή 1 γεγονός/3 μήνες
Πτώση από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα)	f=0,055 ή 1 γεγονός/ 18 έτη
Επαφή σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο	f=0,045 ή 1 γεγονός/22 έτη
Έκρηξη φιάλης υπό πίεση	f=0,014 ή 1 γεγονός/70 έτη
Διαρροή καυσίμου κατά την τροφοδοσία της δηζελάμαξας	f=0,047 ή 1 γεγονός/21 έτη

Πίνακας 5. Συχνότητα εμφάνισης ελαφριού τραυματισμού/θανάτου του εργαζομένου ανά ενδεικτικό κίνδυνο.

Ενδεικτικοί κίνδυνοι	Συχνότητα ελαφριού τραυματισμού του εργαζομένου ( $r_1$ ) (γεγονότα/άτομο/έτος)	Συχνότητα θανάτου του εργαζομένου ( $r_2$ ) (γεγονότα/άτομο/έτος)
Πρόσκρουση τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$
Εκτίναξη σωλήνα κατά την διαδικασία ζεύξης-απόζευξης	$6,71 \cdot 10^{-5}$	$6,71 \cdot 10^{-7}$
Πτώση εργαζομένου σε τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο	$5,13 \cdot 10^{-3}$	$8,56 \cdot 10^{-6}$
Πτώση τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο	$1,49 \cdot 10^{-5}$	$8,95 \cdot 10^{-7}$
Εκτόξευση (πιτσίσισμα) χημικών ουσιών	$3,07 \cdot 10^{-3}$	$7,68 \cdot 10^{-6}$
Σπάσιμο εργαλείου χειρός	$1,11 \cdot 10^{-3}$	$5,56 \cdot 10^{-7}$
Ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο που οδηγεί σε σκόνταμμα σε αντικείμενα ή γλίστρημα σε χυμένες ολισθηρές ουσίες	$7,11 \cdot 10^{-4}$	$7,11 \cdot 10^{-7}$
Πτώση από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα)	$7,67 \cdot 10^{-4}$	$7,67 \cdot 10^{-6}$
Επαφή σωματιδίων ή γρεζιών κατά τις εργασίες ελέγχου τορναρίσματος στον υποδαπέδιο τόρνο	$4,72 \cdot 10^{-4}$	$4,72 \cdot 10^{-7}$
Έκρηξη φιάλης υπό πίεση	$7,12 \cdot 10^{-4}$	$7,12 \cdot 10^{-6}$
Διαρροή καυσίμου κατά την τροφοδοσία της δηζελάμαξας	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$

Σημειώνεται πως ο κίνδυνος ελλιπούς ορατότητας πέραν από ότι μπορεί να οδηγήσει σε σκόνταμμα ή γλίστρημα του εργαζομένου, μπορεί να του προκαλέσει και οφθαλμολογικό τραυματισμό/απώλεια όρασης ή ακόμη και οπτική κούραση/εξουθένωση.

Πίνακας 6. Συχνότητα εμφάνισης περιβαλλοντικών κινδύνων από όσους ενδεικτικούς κίνδυνους επιφέρουν αυτές τις καταστάσεις.

Ενδεικτικοί κίνδυνος	Μόλυνση περιβάλλοντος (γεγονότα/έτος)		Έκρηξη ή και πυρκαγιά- (γεγονότα/έτος)		Δημιουργία επικίνδυνης-ατμόσφαιράς (γεγονότα/έτος)	
	Ελαφριά	Μεγάλη	Μικρή	Ανεξέλεγκτη	Ελάχιστη	Πάρα πολύ
Εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών	$8,95 \cdot 10^{-3}$	$8,95 \cdot 10^{-6}$	-	-	$10^{-3}$	$10^{-6}$
Έκρηξη φιάλης υπό πίεση	-	-	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-6}$
Διαρροή καυσίμου κατά την τροφοδοσία της δηζελάμαξας	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-8}$	-	-

Πίνακας 7. Συχνότητα εμφάνισης καταστροφής εξοπλισμού από όσους ενδεικτικούς κίνδυνους που επιφέρουν καταστροφή.

Ενδεικτικοί κίνδυνος	Ελαφριά καταστροφή εξοπλισμού (γεγονότα/υλικό/έτος)	Αχρήστευση εξοπλισμού (γεγονότα/υλικό/έτος)
Πρόσκρουση τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Εκτίναξη σωλήνα κατά την διαδικασία ζεύξης-απόζευξης	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$
Πτώση τροχαίου υλικού από ανυψωτικό γρύλο	$3 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$

Πίνακας 8. Συχνότητα εμφάνισης ελαφριού τραυματισμού/θανάτου εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον του ενδεικτικού κινδύνου, από όσους κινδύνους μπορεί να προκαλέσουν το συγκεκριμένο συμβάν.

Ενδεικτικοί κίνδυνος	Τραυματισμός εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον (γεγονότα/άτομο/έτος)	Θάνατος εργαζομένου που βρίσκεται πλησίον (γεγονότα/άτομο/έτος)
Πρόσκρουση τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-7}$

Πίνακας 8. (συνέχεια)

Πτώση από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα)	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
---	---------------------	---------------------

Όπως παρατηρείται οι τρεις πιο πιθανοί κίνδυνοι, οι οποίοι εμφανίζονται πιο συχνά και ενδέχεται να συμβούν στο χώρο του μηχανοστασίου τρένων, σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, είναι:

1. Η ελλιπής ορατότητα εργαζομένου σε εργασίες στην τάφρο ή στον υποδαπέδιο τόρνο ( $f=3,96$ ).
2. Η εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών ( $f=0,51$ ) και σχεδόν με την ίδια συχνότητα ο κίνδυνος πρόσκρουσης τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός ( $f=0,5$ ).
3. Το σπάσιμο εργαλείου χειρός ( $f=0,46$ ).

Επιπλέον οι κίνδυνοι που ενδέχεται να προκαλέσουν πιο συχνά ελαφρύ τραυματισμό εργαζομένου είναι:

1. Πτώση εργαζομένου σε τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο ( $r = 5,13 \cdot 10^{-3}$ ).
2. Εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών ( $r = 3,07 \cdot 10^{-3}$ ).
3. Σπάσιμο εργαλείου χειρός ( $r = 1,11 \cdot 10^{-3}$ ).

Ακολούθως οι κίνδυνοι που ενδέχεται να προκαλέσουν πιο συχνά θάνατο εργαζομένου είναι:

1. Πτώση εργαζομένου σε τάφρους ή στον υποδαπέδιο τόρνο ( $r = 8,56 \cdot 10^{-6}$ ).
2. Εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών ( $r = 7,68 \cdot 10^{-6}$ ) και σχεδόν με την ίδια συχνότητα ο κίνδυνος πτώσης από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα) ( $r = 7,67 \cdot 10^{-6}$ ).
3. Έκρηξη φιάλης υπό πίεση ( $r = 7,12 \cdot 10^{-6}$ ).

Ο κίνδυνος που μπορεί να προκαλέσει πιο συχνά μόλυνση του περιβάλλοντος είναι η εκτόξευση (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών (για ελαφριά μόλυνση  $r = 8,95 \cdot 10^{-3}$  και για μεγάλη μόλυνση  $r = 8,95 \cdot 10^{-6}$ ). Επιπλέον ο συγκεκριμένος κίνδυνος είναι πιο συχνός στη δημιουργία επικίνδυνης (συγκεκριμένα τοξική) ατμόσφαιρας (για ελαφριά μόλυνση  $r = 10^{-3}$  και για μεγάλη μόλυνση  $r =$

$10^{-6}$ ). Επιπροσθέτως ο κίνδυνος έκρηξης φιάλης υπό πίεση προκαλεί πιο συχνά πυρκαγιά/έκρηξη (για μικρή  $r = 1,8 \cdot 10^{-4}$  και για ανεξέλεγκτη  $r = 1,8 \cdot 10^{-6}$ ).

Όσον αφορά τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται, ο κίνδυνος πρόσκρουσης τροχαίου υλικού-εκτροχιασμός είναι ο πιο συχνός (για ελαφριά καταστροφή  $r = 2,5 \cdot 10^{-2}$  και για αχρήστευση εξοπλισμού  $r = 2,5 \cdot 10^{-4}$ ).

Τέλος ο πιο συχνός κίνδυνος που μπορεί να προκαλέσει και τραυματισμό σε εργαζόμενο που βρίσκεται πλησίον του, είναι ο κίνδυνος πτώσης εργαζομένου από εργασία σε ικριώματα (σταθερά και τροχήλατα) (για ελαφρύ τραυματισμό  $r = 1,5 \cdot 10^{-4}$  και για τον θάνατο  $r = 1,5 \cdot 10^{-6}$ ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### **Συμπεράσματα για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων που εργάζονται σε μηχανοστάσια τρένων**

#### 3.1. Συμπεράσματα ανάλυσης κινδύνων

Καταρχάς πρέπει να αναφερθεί ότι οι κίνδυνοι που ενδέχεται να προκαλέσουν θάνατο εργαζομένου είναι στα επιτρεπτά όρια, καθώς όλοι έχουν συχνότητα κάτω από  $10^{-5}$  γεγονός/έτος, χωρίς ωστόσο να σημαίνει πως δεν υπάρχουν. Έτσι για να αποφευχθεί ο θάνατος ενός εργαζομένου αλλά και οι ελαφριοί τραυματισμοί του που είναι πιο συχνοί, θα πρέπει ο εργοδότης, οι υπεύθυνοι ασφαλείας, οι διευθυντές αλλά και οι εργαζόμενοι να τηρούν τα μέτρα ασφαλείας, τους κανόνες και οδηγίες ασφαλείας, καθώς επίσης και τα μέτρα προστασίας. Συνοψίζοντας θα αναφερθούν συγκεντρωτικά τα μέτρα ασφαλείας και μέτρα προστασίας που επαναλαμβάνονται σχεδόν σε κάθε ενδεικτικό κίνδυνο που αναλύθηκε. Επιπλέον θα αναλυθούν περισσότερο τα σημαντικότερα μέτρα ασφαλείας και προστασίας για τους κινδύνους που είναι πιο συχνοί, όπως αναγράφονται στην ενότητα 3.3..

##### 3.1.1. Μέτρα ασφαλείας

###### 3.1.1.1. Εκπαίδευση προσωπικού

Παρατηρώντας τα μέτρα ασφαλείας στην ανάλυση των ενδεικτικών κινδύνων, ένα από τα πιο συχνά μέτρα ασφαλείας είναι· το προσωπικό να είναι εκπαιδευμένο. Για να μπορέσουν οι εργαζόμενοι να εργαστούν και να τηρήσουν τα υπόλοιπα μέτρα ασφαλείας, θα πρέπει να τα γνωρίζουν. Έτσι κρίνεται αναγκαία η εκπαίδευση του προσωπικού από τον εργοδότη, τους υπευθύνους υγείας και ασφαλείας και τους διευθυντές. Οι εκπαιδεύσεις πρέπει να περιλαμβάνουν τις αρμοδιότητες των εργαζομένων, την κατανόηση των κανόνων και οδηγιών ασφαλείας σύμφωνα πάντα και με τις οδηγίες του κατασκευαστή (εάν πρόκειται για χρήση εξοπλισμού), την χρήση

κατάλληλου εξοπλισμού, την μείωση των βεβιασμένων ενεργειών και της τοποθέτησης υπέρμετρης δύναμης κ.ά.. Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί πως επειδή μπορεί να εμφανίζονται νέες παραγωγικές διαδικασίες είτε νέος εξοπλισμός, θα πρέπει να επανεκπαιδεύονται τακτικά οι εργαζόμενοι. Τέλος θα πρέπει να καθίσταται δυνατόν στους εργαζομένους να εκφράσουν τυχόν ερωτήματα/απορίες περί των ασφαλών διαδικασιών και να τους επιλύονται αυτά.

#### 3.1.1.2. Τήρηση κανόνων και οδηγιών ασφαλείας

Η δημιουργία κανόνων και οδηγιών ασφαλείας είναι κρίσιμη, καθώς είναι η βάση για ένα ασφαλές περιβάλλον εργασίας. Δημιουργώντας τους κατάλληλους κανόνες και οδηγίες ασφαλείας, όπως ορίζει η εκάστοτε νομοθεσία/πρότυπο, ο εργοδότης και οι εργαζόμενοι μπορούν να είναι σε θέση να αντιληφθούν την διαδικασία που θα ακολουθήσουν και να αποτρέψουν ανεπιθύμητα συμβάντα. Επίσης είναι κατάλληλο εργαλείο για την εκπαίδευση των εργαζομένων, καθώς γίνονται σαφείς οι ενέργειες που πρέπει να τηρήσουν στην εργασία τους. Επιπλέον με βάση τους συγκεκριμένους κανόνες μπορεί ο εργοδότης ή αρμόδιος ασφάλειας να εποπτεύει καλύτερα τους εργαζομένους όσον αφορά την τήρηση των μέτρων και να κρίνει αν είναι αναγκαία η επανεκπαίδευση τους.

#### 3.1.1.3. MSDS και CLP

Λόγω της υψηλής θέσης στην συχνότητα εμφάνισης του κινδύνου εκτόξευσης (πιτσίλισμα) χημικών ουσιών αλλά και τις σημαντικές αρνητικές επιδράσεις που έχει σε διάφορους τομείς (εργαζόμενοι, περιβάλλον, δημιουργία επικίνδυνης ατμόσφαιρας), θα επεξηγηθούν ο κανονισμός CLP (Classification, Labelling and Packaging) και το MSDS (Material Safety Data Sheet).

Ο κανονισμός CLP (Classification (Ταξινόμηση), Labelling (Επισήμανση) και Packaging (Συσκευασία)) είναι ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός 1272/2008<sup>22</sup>. Στόχος του είναι η προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων και του περιβάλλοντος από τους κινδύνους που υπάρχουν κατά τη χρήση των χημικών ουσιών, καθώς και της ελεύθερης και ασφαλούς κυκλοφορίας αυτών. Ο εν λόγω κανονισμός αναφέρει τα

---

<sup>22</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32008R1272>

κριτήρια ταξινόμησης των χημικών ουσιών. Ο παράγοντας για την ταξινόμηση μίας ουσίας είναι ο βαθμός επικινδυνότητας που έχει για την ασφάλεια και την υγεία του ανθρώπου που την χρησιμοποιεί αλλά και την επίδραση στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Επιπλέον σύμφωνα με τον κανονισμό ορίζεται η σχετική επισήμανση των χημικών ουσιών, ανάλογα με τον κίνδυνο. Επιπροσθέτως προβλέπεται, πως σε κάθε ουσία πρέπει να διατίθεται και η περιγραφή των κινδύνων αλλά και των μέτρων ασφαλείας και προστασίας έναντι αυτού, προκειμένου ο χρήστης να προειδοποιείται και να ενημερώνεται για τις ενέργειες που πρέπει να εκτελέσει κατά τη χρήση της χημικής ουσίας. Τέλος στον κανονισμό καθορίζονται τα πρότυπα συσκευασίας, προκειμένου να διασφαλίζεται η ασφαλής μεταφορά και ο ασφαλής εφοδιασμός των χημικών ουσιών<sup>23</sup>.

Το MSDS ή στα ελληνικά το Δελτίο Δεδομένων Ασφάλειας (ΔΔΑ) είναι το δελτίο που χρησιμοποιεί ο προμηθευτής μίας χημικής ουσίας ή παρασκευάσματος με σκοπό να ενημερώνει τον εργοδότη, για διάφορες πληροφορίες σχετικά με την ουσία που προμηθεύει. Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) με αριθ. 1907/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου<sup>24</sup> και την τροποποίηση που δέχθηκε από τον κανονισμό (ΕΚ) με αριθ. 1272/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, το ΔΔΑ παρέχει σαφής και συνοπτικές πληροφορίες για την προστασία της υγείας και ασφαλείας των εργαζομένων από τον κίνδυνο έκθεσης σε χημικούς παράγοντες, κατά την εργασία τους. Πιο συγκεκριμένα στο ΔΔΑ περιλαμβάνονται συνοπτικά οι εξής σημαντικές πληροφορίες:

- Στοιχεία της ουσίας ή του παρασκευάσματος (π.χ. ονομασία της χημικής ουσίας/παρασκευάσματος).
- Τρόποι χρήσης της χημικής ουσίας (συνήθως αναφέρονται οι σημαντικότερες ή οι πιο συχνές χρήσεις της συγκεκριμένης ουσίας, με μία σύντομη περιγραφή της φύσης της π.χ. αντιοξειδωτικό κ.ά.).
- Για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, στοιχεία επικοινωνίας (αριθμός τηλεφώνου) του αρμόδιου φορέα.

---

<sup>23</sup> <https://echa.europa.eu/el/regulations/clp/understanding-clp>

<sup>24</sup> <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:el:PDF>

- Προσδιορισμός της επικινδυνότητας της ουσίας (σε ενδεχόμενη λανθασμένη χρήση τις ουσίας αναφέρονται οι συνέπειες και οι επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό αλλά και στη ρύπανση του περιβάλλοντος).
- Ιδιότητες/σύνθεση και πληροφορίες για τα συστατικά που περιλαμβάνει η χημική ουσία.
- Συνοπτική και ευκολονόητη περιγραφή των μέτρων Α΄ βοηθειών (π.χ. άμεση ιατρική παρακολούθηση, συμπτώματα, συνέπειες, ενέργειες που πρέπει να ληφθούν σε περίπτωση συμβάντος κ.ά.)
- Μέτρα για την αντιμετώπιση ενδεχόμενης πυρκαγιάς που προκαλούνται από την συγκεκριμένη ουσία (κατάλληλα πυροσβεστικά μέσα που μπορούν ή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κ.ά.)
- Μέτρα για την καταπολέμηση τυχαίας έκλυσης (απομάκρυνση πηγών ανάφλεξης, χρήση απορροφητικών υλικών κ.ά.)
- Οδηγίες (μέτρα ασφαλείας) για τον ασφαλή χειρισμό και την ασφαλή αποθήκευση της χημικής ουσίας.
- Μέτρα διαχείρισης του κινδύνου (π.χ. οριακές τιμές έκθεσης στην χημική ουσία)
- Γενικές πληροφορίες (π.χ. όψη, φυσική κατάσταση, οσμή, pH, σημείο ζέσης κ.ά.)
- Σταθερότητα και αντιδραστικότητα της χημικής ουσίας.
- Συνθήκες προς αποφυγή (π.χ. υψηλή θερμοκρασία, κρούση δοχείου, έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία κ.ά.).
- Υλικά προς αποφυγή επαφής (υλικά που προκαλούν επικίνδυνη αντίδραση σε περίπτωση συνδυασμού με την χημική ουσία).
- Επικίνδυνα υλικά αποσύνθεσης.
- Συνοπτική και κατανοητή περιγραφή για τις τοξολογικές επιπτώσεις που έχει η ουσία σε περίπτωση επαφής της με τον εργαζόμενο.
- Οικολογικές πληροφορίες (επενέργεια στο περιβάλλον).

#### 3.1.1.4. Εξοπλισμός κατά σήμανση C.E.

Τρίτος πιο συχνός κίνδυνος που προκαλεί ελαφριούς τραυματισμούς στο μηχανοστάσιο τρένων, σύμφωνα με την ανάλυση, είναι ο κίνδυνος σπασίματος

εργαλείου χειρός. Πέραν από την τήρηση των τεχνικών οδηγιών για την ασφαλή χρήση των εργαλείων χειρός και την κατάλληλη χρήση τους, πρέπει αυτά να κατασκευάζονται σύμφωνα με καθορισμένες προδιαγραφές, προς αποφυγή φθορών ή χρήση υλικών με χαμηλές αντοχές. Έτσι κρίνεται απαραίτητο από τον εργοδότη να προμηθεύεται εργαλεία χειρός με τη σήμανση C.E. (Conformité Européenne). Η συγκεκριμένη σήμανση αποδεικνύει πως το προϊόν έχει επιθεωρηθεί/αξιολογηθεί από τον κατασκευαστή ή από αρμόδιο οργανισμό και υπάρχει τεχνικός φάκελος που αναφέρει πως ο εξοπλισμός πληροί τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές ως προς την προστασία της υγείας και ασφάλειας του χρήστη και του περιβάλλοντος. Η τοποθέτηση του σήματος πρέπει να είναι σε διακριτό σημείο στον εξοπλισμό ή στην συσκευασία ή στα συνοδευτικά έγγραφα<sup>25</sup>. Το σήμα θα πρέπει να έχει καθορισμένες διαστάσεις και να είναι σαφές και εύκολο στην ανάγνωση<sup>26</sup>. Ο κανονισμός που καθορίζει για τη σήμανση C.E. είναι ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 765/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου<sup>27</sup>.

#### 3.1.1.5. Συντήρηση και επιθεώρηση εξοπλισμού

Ακόμη ένα μέτρο ασφαλείας που εμφανίζεται σχεδόν σε όλους τους κινδύνους είναι η συντήρηση και η επιθεώρηση του εξοπλισμού. Θα πρέπει να πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις εκάστοτε οδηγίες του κατασκευαστή από αρμόδιο και εξειδικευμένο προσωπικό και οι αντικαταστάσεις να γίνονται με τα κατάλληλα υλικά, λαμβάνοντας υπόψη και την αντοχή τους. Επίσης σε πολλές περιπτώσεις θα πρέπει να πραγματοποιείται οπτικοακουστικός έλεγχος του εξοπλισμού πριν ή και κατά τη διάρκεια της εργασίας.

#### 3.1.1.6. Αποφυγή βεβιασμένων ενεργειών-υπέρμετρης δύναμης

Κάποιοι από τους προαναφερόμενους κινδύνους μπορεί να μειωθούν εάν αποφευχθούν οι βεβιασμένες ενέργειες ή η τοποθέτηση υπέρμετρης δύναμης από το προσωπικό. Η βιασύνη ή η τοποθέτηση υπέρμετρης δύναμης είναι ένα συχνό

---

<sup>25</sup> <https://www.ggb.gr/el/node/400>

<sup>26</sup> [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index\\_el.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_el.htm)

<sup>27</sup> <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:218:0030:0047:el:PDF>

ανθρώπινο λάθος που μπορεί να οδηγήσει στην έλλειψη προσοχής του εργαζομένου, με αποτέλεσμα να συμβούν ατυχήματα. Έτσι κρίνεται αναγκαία η αποφυγή αυτών των κινήσεων από τους εργαζομένους.

#### 3.1.1.7. Ευταξία-καθάρισμα χώρου

Λόγω της φύσης των εργασιών υπάρχει αυξημένη πιθανότητα να βρεθούν στα δάπεδα εργασίας χυμένα υλικά ή ουσίες, που μπορεί να τα πατήσουν οι εργαζόμενοι ή να σκοντάψουν πάνω τους, με αποτέλεσμα την δημιουργία ανεπιθύμητου γεγονότος. Ως μέτρο ασφαλείας για την αντιμετώπιση αυτών, είναι ο τακτικός καθαρισμός του χώρου, προκειμένου να αποστραγγισθούν οι χυμένες ουσίες (με τοποθέτηση προειδοποιητικής πινακίδας ολισθηρού δαπέδου κατά τις εργασίες καθαρισμού). Επιπλέον και η ευταξία του χώρου, τοποθετώντας αντικείμενα σε κατάλληλους περιέκτες και στην αντίστοιχη εργαλειοθήκη.

#### 3.1.1.8. Στάθμευση τροχαίου υλικού

Για να πραγματοποιηθούν οι εργασίες του μηχανοστασίου πρέπει το τροχαίο υλικό να είναι σταθμευμένο. Έτσι για την αποφυγή ακούσιας μετακίνησης του τροχαίου υλικού, εφαρμόζεται η πέδη στάθμευσης και η τοποθέτηση πεδύλων σε έναν ή και παραπάνω τροχούς.

#### 3.1.1.9. Απαγόρευση παραβίασης προστατευτικών διατάξεων

Τέλος προκειμένου να αποφευχθούν κάποιοι από τους κινδύνους, απαγορεύεται η επέμβαση στον εξοπλισμό από μη εξειδικευμένο και εκπαιδευμένο προσωπικό. Επίσης δε θα πρέπει να παραβιάζονται οι προστατευτικές διατάξεις του εξοπλισμού και των μηχανών, καθώς ο εργαζόμενος εκτίθεται σε κίνδυνο.

### 3.1.2. Μέτρα προστασίας

#### 3.1.2.1. Πυροπροστασία

Στις περιπτώσεις εμφάνισης κινδύνου που μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά, ως βασικό μέτρο προστασίας είναι η πυροπροστασία. Η εγκατάσταση πρέπει να διαθέτει μελέτη ενεργητικής πυροπροστασίας και σχετικό φάκελο ενεργητικής πυροπροστασίας. Επιπλέον πρέπει να ορίζεται αρμόδια ομάδα πυροπροστασίας, που να είναι εκπαιδευμένη για την αντιμετώπιση πυρκαγιάς. Η εκπαίδευση της ομάδας αυτής καθώς και οι ασκήσεις διενεργούνται σύμφωνα με την Πυρ. Διάταξη 14/2014. Επίσης σε κάθε περίπτωση πρέπει να υπάρχουν στον χώρο πυροσβεστικές φωλιές, φορητοί πυροσβεστήρες ξηράς κόνεως και CO<sub>2</sub>, κομβία αναγγελίας κινδύνου, πυροσβεστικοί σταθμοί κ.ά..

Τα προαναφερόμενα μέσα ενεργητικής πυροπροστασίας θα πρέπει να καθορίζονται στη μελέτη ενεργητικής πυροπροστασίας ως προς το είδος την θέση και το πλήθος τους. Τα συγκεκριμένα μέσα επίσης θα πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά από την ομάδα πυροπροστασίας αλλά και να πραγματοποιούνται οι περιοδικοί έλεγχοι σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση αριθ. 618/43/2005<sup>28</sup> από τον αρμόδιο φορέα, όσον αφορά την κατάσταση τους και την εύρυθμη λειτουργία τους (π.χ. ένας πυροσβεστήρας χρήζει αναγόμωση).

Συνιστάται για κάθε πυροσβεστήρα να εξασφαλίζεται, σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση αριθ. 618/43/2005, ότι είναι τοποθετημένος στο προκαθορισμένο σημείο σύμφωνα με την μελέτη, δεν εμποδίζεται, είναι εμφανής στον χώρο και οι οδηγίες λειτουργίας του «κοιτάζουν» προς τα έξω και δεν είναι φθαρμένες. Γενικά η πρόσβαση προς τα πυροσβεστικά μέσα (πυροσβεστικές φωλιές και σταθμοί, πυροσβεστήρες) θα πρέπει να μην περιορίζεται από εμπόδια, καθώς σύμφωνα με τα Π.Δ. 16/1996<sup>29</sup> και την Υ.Α Αριθ. 618/43/2005 απαγορεύεται η προσωρινή ή μόνιμη αποθήκευση προϊόντων, έμπροσθεν των πυροσβεστικών μέσων. Όσον αφορά την ανάρτηση των πυροσβεστήρων, θα πρέπει να τοποθετούνται σε ύψος 0,80 – 1,20 μέτρα από το δάπεδο σε μεταλλικά στηρίγματα, να μην μετακινούνται χωρίς κάποια σκοπιμότητα, ενώ σε περίπτωση χρήσης τους, να μεταφέρονται προς αναγόμωση από τον αρμόδιο φορέα,

<sup>28</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/52b\\_05.1116498310987.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/52b_05.1116498310987.pdf)

<sup>29</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/10A\\_96.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/10A_96.pdf)

σύμφωνα με τις: Υ.Α. Φ15/οικ.1589/104/2006<sup>30</sup>, Υ.Α Αριθ. 618/43/2005 και Πυρ. Διάταξη 15/2014<sup>31</sup>.

### 3.1.2.2. Εκκένωση χώρου-Σχέδια διαφυγής

Λόγω των έκτακτων καταστάσεων που μπορεί να συμβούν, το μηχανοστάσιο χρειάζεται να διαθέτει διαδικασία εκκένωσης των χώρων η οποία να περιλαμβάνει: περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτείται εκκένωση (πυρκαγιά, δημιουργία επικίνδυνης ατμόσφαιρας κ.λπ.), οδηγίες δράσης σύμφωνα με την εκάστοτε περίπτωση, οδεύσεις διαφυγής στους χώρους του μηχανοστασίου, καθορισμένες εξόδους κινδύνου, σημείο συγκέντρωσης των εργαζομένων και τέλος ορισμός υπευθύνων ελέγχου εκκένωσης που είναι και αρμόδιοι για την καταμέτρηση των εργαζομένων, ώστε να μην έχει παραμείνει κάποιος εντός των χώρων. Επιπροσθέτως για την εύρυθμη λειτουργία της διαδικασίας εκκένωσης πρέπει να αναρτώνται σε καθορισμένα σημεία οι παραπάνω διαδικασίες, καθώς και τα στοιχεία επικοινωνίας των υπευθύνων και τα τηλέφωνα έκτακτης ανάγκης. Επίσης θα πρέπει να πραγματοποιείται εκπαίδευση και επανεκπαίδευση στους εργαζομένους σχετικά με την διαδικασία αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών, καθώς και να διενεργούνται επιτυχώς περιοδικές ασκήσεις εκκένωσης των εγκαταστάσεων.

Για να πραγματοποιηθεί με επιτυχία η εκκένωση του χώρου θα πρέπει το πλήθος και η χωροθέτηση των φωτιστικών ασφαλείας να συμφωνούν με την μελέτη πυροπροστασίας. Επίσης τα φωτιστικά ασφαλείας να ελέγχονται ως προς την λειτουργία τους από αρμόδιο προσωπικό και να διατηρούνται σε καλή κατάσταση. Η τοποθέτηση της σήμανσης για τις οδούς διαφυγής και των εξόδων διαφυγής να γίνεται σύμφωνα με το Π.Δ.105/1995<sup>32</sup>. Επίσης σύμφωνα με τον Ν.3850/2010 ο εργοδότης υποχρεούται να αναρτήσει σχέδιο διαφυγής με την κάτοψη του εκάστοτε ορόφου που επισημαίνει την βέλτιστη διαδρομή για την έξοδο από το κτίριο, σε υπαίθριο χώρο και ασφαλής περιοχή. Επιπλέον σύμφωνα με το Ν. 3850/2010 και το Π.Δ. 16/1996 οι οδεύσεις διαφυγής, οι διάδρομοι κυκλοφορίας και οι εξοδοί κινδύνου δεν θα πρέπει να παρεμποδίζονται από τυχόν αντικείμενα. Έτσι είναι κατανοητό πως απαγορεύεται η

<sup>30</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/90b\\_06.1152171477555.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/90b_06.1152171477555.pdf)

<sup>31</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/3149b\\_2014.1446547283031.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/3149b_2014.1446547283031.pdf)

<sup>32</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/105\\_1995\\_el\\_COLOR.1395998322296.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/105_1995_el_COLOR.1395998322296.pdf)

μόνιμη ή προσωρινή αποθήκευση υλικών κατά μήκος των οδεύσεων διαφυγής, διαδρόμων κυκλοφορίας και μπροστά από τις εξόδους κινδύνου. Τέλος για την αντιμετώπιση ανεπιθύμητου γλιστρήματος ή παραπατήματος των εργαζομένων κατά τη διαφυγή τους από τις σκάλες, θα πρέπει οι κλίμακες να διαθέτουν κουπαστή και αντιολισθητικές ταινίες στα πατήματα τους.

### 3.1.2.3. Ιατρικές εξετάσεις-εμβολιασμοί

Εάν στο μηχανοστάσιο εργάζονται πάνω από 50 εργαζόμενοι, σύμφωνα με τον Ν.3850/2010 ο εργοδότης οφείλει να διαθέτει ιατρό εργασίας στους εργαζόμενους του, προκειμένου να ελέγχει και να παρακολουθεί την υγεία τους. Συγκεκριμένα ο ιατρός εργασίας λαμβάνει το ιστορικό του κάθε εργαζομένου, τον παραπέμπει ή τον εξετάζει εάν κρίνεται αναγκαίο σε ιατροκλινικές εξετάσεις και συγκεκριμένο εργαστηριακό-κλινικό έλεγχο και συμπληρώνει τον Ατομικό Ιατρικό Φάκελο (Α.Ι.Φ) για τον καθένα τους, συντάσσοντας και την Βεβαίωση Καταλληλότητας, η οποία φυλάσσεται εντός του Α.Ι.Φ.. Για να εκδώσει την βεβαίωση, θα πρέπει να εξετάσει ο ιατρός τα καθήκοντα του εργαζομένου και να προσδιορίσει κάθε συντελεστή κινδύνου και βλαπτικού παράγοντα στους χώρους εργασίας.

Λόγω των θέσεων και το περιβάλλον εργασίας του μηχανοστασίου οι εργαζόμενοι έρχονται αντιμέτωποι με πολλούς βλαπτικούς παράγοντες, έτσι προτείνεται να επιβληθούν στις κάτωθι ενδεικτικές εξετάσεις, προκειμένου να αναλάβουν τα καθήκοντα τους με ασφάλεια και να είναι κατάλληλοι για την ολοκλήρωση τους.

- Γενικές εξετάσεις αίματος.
- Μυοσκελετικός έλεγχος
- Οφθαλμολογικός έλεγχος
- Καρδιολογικός έλεγχος
- Αλκοολογικός έλεγχος
- Πνευμονολογικός έλεγχος

Επιπλέον κρίνεται απαραίτητη και η διενέργεια περιοδικών εμβολιασμών π.χ. τετάνου, για την πρόληψη κινδύνων στους χώρους εργασίας του μηχανοστασίου π.χ. σκουριά.

#### 3.1.2.4. Παροχή Α΄ βοηθειών

Σε όλες τις περιπτώσεις που ένας κίνδυνος είναι επιβλαβής για την υγεία ενός εργαζομένου, ένα από τα κύρια μέτρα προστασίας για την αποτροπή του τραυματισμού/θανάτου αυτού είναι η παροχή Α΄ βοηθειών. Για την αποτελεσματική παροχή πρέπει σε ορισμένες εργασίες να ορίζεται ως επιπλέον μέτρο κάποιος επόπτης παροχής Α΄ βοηθειών (π.χ. εργασία σε ύψος), ωστόσο για όλες τις εργασίες στο μηχανοστάσιο θα πρέπει να είναι ορισμένες ομάδες Α΄ βοηθειών (λόγω συνεχόμενου 24ώρου ωραρίου). Οι ομαδάρχες και τα μέλη των ομάδων πρέπει να λάβουν τη σχετική εκπαίδευση από αρμόδιο φορέα, ώστε να είναι σε θέση να παρέχουν με άνεση τις Α΄ βοήθειες στον παθόντα. Για να πραγματοποιηθεί η βοήθεια είναι απαραίτητη η παροχή εξοπλισμού στην ομάδα, όπως κυτία Α΄ βοηθειών, φορητοί απινιδωτές και φαρμακευτικό υλικό Α΄ βοηθειών στα φορητά εκτροχιάσεων και στα οχήματα υπηρεσίας.

Πέραν από την ομάδα Α΄ βοηθειών στην εγκατάσταση πρέπει να υπάρχει χώρος ιατρείου για την εξέταση του εργαζομένου. Προτείνεται η εργασία ενός μόνιμου νοσηλευτικού προσωπικού για την καλύτερη παροχή Α΄ βοηθειών και την προμήθεια φαρμακευτικού υλικού στους εργαζομένους, σύμφωνα με τις υποδείξεις του ιατρού εργασίας.

#### 3.1.2.5. Μέσα ατομικής προστασίας

Το τελευταίο μέτρο προστασίας που μπορεί να αποτρέψει τους κινδύνους που αναφέρθηκαν στην ανάλυση και επιφέρουν τραυματισμό/θάνατο στον εργαζόμενο, είναι η χρήση Μέσων Ατομικής Προστασίας (Μ.Α.Π.). Για τις εκάστοτε εργασίες χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα Μ.Α.Π. σύμφωνα με το Π.Δ. 396/1994<sup>33</sup> και την τροποποίηση του από το Π.Δ. 34/2022<sup>34</sup>. Τα συγκεκριμένα μέσα διανέμονται από τον εργοδότη με υπογραφή παραλαβής από τον εργαζόμενο. Επίσης τα Μ.Α.Π. πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση και σε περίπτωση φθοράς τους, να αντικαθίστανται άμεσα. Επιπλέον ο κατασκευαστής των Μ.Α.Π. παρέχει μέσω εγχειριδίων χρήσης στον εργοδότη οδηγίες ορθούς αποθήκευσης, συντήρησης, χρήσης και επιπλέον πληροφορίες για τη διάρκεια ζωής τους προς αντικατάστασή τους. Τέλος οι

<sup>33</sup> <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/220A-94.pdf>

<sup>34</sup> [https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2022-05/93a\\_2022.pdf](https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2022-05/93a_2022.pdf)

εργαζόμενοι πέραν από την παραλαβή τους, θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένοι ως προς την ορθή χρήση τους και να τηρούν τις οδηγίες που τους έχουν δοθεί.

### 3.2. Γενικά συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας την γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου, δόθηκε μία πιο πλήρη εικόνα για μερικούς κινδύνους που μπορεί να εμφανισθούν σε κάποιες θέσεις εργασίας των μηχανοστασίων τρένων. Επίσης ταξινομήθηκαν οι υψηλότεροι κίνδυνοι με βάση την συχνότητα εμφάνισης τους, τις επιπτώσεις που έχουν στον εργαζόμενο (ελαφρύς τραυματισμός/θάνατος), στο περιβάλλον (μόλυνση), στον εξοπλισμό (καταστροφή), στην εμφάνιση πυρκαγιάς και στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας (δημιουργία τοξικής και εκρηκτικής ατμόσφαιρας). Επιπλέον προσδιορίστηκαν τα μέτρα ασφαλείας και προστασίας που αν τα ακολουθήσει ο εργοδότης και το προσωπικό του θα βοηθήσει στη μείωση ή και εξάλειψη των κινδύνων, καθώς θα μειωθούν οι αστοχίες των μέτρων. Σε γενικά πλαίσια η συχνότητα επίπτωσης των κινδύνων που αναλύθηκαν είναι σε ανεκτά όρια, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει πως δεν υπάρχουν περιθώρια μείωσης της.

Όπως είναι πλέον κατανοητό, η γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου οδηγεί σε ένα πιο αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης της υγείας και ασφάλειας και κατ' επέκταση σε μία θετική κουλτούρα υγείας και ασφάλειας, καθώς μπορούν να δοθούν προτεραιότητες στην πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων και να ενημερωθούν, καθοδηγηθούν και εκπαιδευτούν κατάλληλα οι εργαζόμενοι, για τους ευρισκόμενους κινδύνους και την αντιμετώπιση τους.

Τέλος σημειώνεται πως για την ολοκλήρωση της μελέτης έγινε περισυλλογή στοιχείων και δεδομένων μέσω προσωπικής συνομιλίας με εργαζομένους μηχανοστασίου τρένων, που βοήθησαν στην εκτίμηση των πιθανοτήτων αστοχιών των μέτρων ασφαλείας, της συχνότητας εργασίας και της έκθεσης τους στον εκάστοτε κίνδυνο ανάλογα με το χρόνο εργασίας που απασχολούνται στην εκάστοτε θέση εργασίας. Οι προαναφερόμενοι δείκτες έχουν προσεγγιστικό χαρακτήρα καθώς δεν αναφέρονται σε μεμονωμένη εγκατάσταση αλλά σε ένα γενικό μεσαίου μεγέθους μηχανοστάσιο τρένων, που δέχεται την ημέρα δεκατέσσερα (14) τρένα και μπορεί να εμπεριέχει όλες τις αναφερόμενες εργασίες. Λόγω προσωπικών δεδομένων δεν καθίσταται δυνατόν να αναφερθεί το όνομα της επιχείρησης.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

Cooper, D (2001). Improving Safety Culture: A Practical Guide (pp. 1-3). John Wiley & Sons.

Ελληνική Βιβλιογραφία:

Κοντογιάννης, Θ. (2022). Εργονομία και Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας και Υγείας, 3<sup>η</sup> Έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.