



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ
ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΙΔΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΤΑΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

**ΠΑΤΡΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ, 2026**

Περίληψη

Η πλειονότητα των ατυχημάτων σε χώρους εργασίας οφείλεται σε παράγοντες που με τις κατάλληλες ενέργειες μπορούν να αποφευχθούν. Όλες οι επιχειρήσεις έχουν υποχρέωση να λάβουν μέτρα με σκοπό τον έλεγχο, την πρόληψη, τη μείωση ακόμα και την εξάλειψη των επαγγελματικών κινδύνων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου οι κίνδυνοι είναι μεγαλύτεροι και οι συνέπειες πιο σοβαρές. Βασική προϋπόθεση για να ληφθούν αυτά τα μέτρα πρόληψης είναι η ύπαρξη εκτίμησης του βαθμού επικινδυνότητας για κάθε ένα από τους πιθανούς κινδύνους που παρουσιάζονται. Η εκτίμηση αυτή, είναι η διαδικασία όπου αξιολογούμε όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη ακρίβεια τους πιθανούς κινδύνους. Η αξιολόγηση αυτών των κινδύνων επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες, ένας από αυτούς είναι ο τύπος της βιομηχανίας και των παραγόμενων αγαθών. Θα είναι χρήσιμο να υπάρχει μια εκτενέστερη ανάλυση όπου, πέρα από τις εκτιμήσεις ειδικών, θα λαμβάνει υπόψη και τον τύπο του παραγόμενου προϊόντος.

Στη διπλωματική εργασία που ακολουθεί θα γίνει ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και συνοπτική παρουσίαση από τις περισσότερες μεθόδους που ανακτήθηκαν. Αναλυτικότερη παρουσίαση θα γίνει για τις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι δύο παραγωγικές μονάδες που θα μελετήσουμε. Πρόκειται για μια μονάδα παραγωγής χημικών και για μια μονάδα επεξεργασίας τροφίμων. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μεθόδων εκτίμησης κινδύνου θα χρησιμοποιηθούν για εξαγωγή συμπερασμάτων.

Λέξεις κλειδιά: Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου, Ασφάλεια και υγιεινή στην εργασία

Abstract

The majority of workplace accidents are due to factors that can be avoided through appropriate actions. All businesses are obligated to take measures aimed at controlling, preventing, reducing, and even eliminating occupational hazards. Of particular interest are cases in industrial facilities, where risks are higher and consequences are more severe. A fundamental prerequisite for implementing these preventive measures is the assessment of the risk level for each potential hazard identified. This assessment is the process through which we evaluate potential risks as accurately as possible. The evaluation of these risks is influenced by several factors, one of which is the type of industry and the goods produced. It would be useful to have a more extensive analysis that, beyond expert assessments, also takes into account the type of product manufactured.

In the following thesis, a literature review and a concise presentation of most retrieved methods will be conducted. A more detailed presentation will be provided for the methods used by the two production units under study: a chemical production facility and a food processing facility. The results of the comparison between these risk assessment methods will be used to draw conclusions.

Key words: Occupational Risk Assessment, Occupational Health and Safety

Πίνακας Περιεχομένων

1 Εισαγωγή.....	6
2 Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	7
2.1. Εκτίμηση κινδύνου.....	7
2.1.1. Κίνδυνοι στο χώρο εργασίας.....	7
2.1.2. Τύποι κινδύνου.....	9
2.1.3. Μέθοδοι εκτίμησης.....	9
2.1.3.1. Ποιοτικές μέθοδοι.....	10
2.1.3.2. Ποσοτικές μέθοδοι.....	16
2.1.3.3. Υβριδικές μέθοδοι.....	19
2.1.4. Ιεράρχηση επικινδυνότητας.....	22
2.1.5. Μέτρα ελέγχου.....	26
2.2. Βιομηχανίες στις οποίες τα συστήματα λειτουργικής ασφάλειας είναι συνήθη.....	31
2.2.1. Ασφάλεια σε βιομηχανία διεργασίας χημικών.....	32
2.2.2. Ασφάλεια σε βιομηχανίες τροφίμων.....	35
3. Συγκριτική ανάλυση έρευνας.....	39
3.1. Μελέτη περίπτωσης σε βιομηχανικές μονάδες.....	41
3.1.1. Μελέτη σε μονάδα τροφίμων.....	41
3.1.1.1. Περιγραφή εγκατάστασης.....	42
3.1.2 Μελέτη σε μονάδα χημικών.....	45
3.1.2.1. Περιγραφή εγκατάστασης.....	48
4. Δεδομένα μονάδων.....	51
5. Συμπεράσματα.....	55
Βιβλιογραφία.....	59
Παραρτήματα.....	61

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1. Πίνακας επικινδυνότητας (Πηγή Marhavidas & Koulouriotis, 2008).....	17
Πίνακας 2. Αξιολόγηση κινδύνων (Πηγή: Marhavidas και Koulouriotis, 2008).....	18
Πίνακας 3. Στάδια μεθόδου CREA (Πηγή : Marhavidas et al., 2011).....	18
Πίνακας 4. Κλίμακα AHP (Πηγή : Satty 1990).....	24
Πίνακας 5: Όρια έκρηξης και πυροκρότησης (Πηγή McDonald, 2003).....	32
Πίνακας 6 Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου σε μονάδα χημικών. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως).....	51
Πίνακας 7. Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου σε μονάδα τροφίμων. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως).....	52
Πίνακας 8. Κατηγορία ανάλυσης στη μονάδα χημικών. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως).....	52
Πίνακας 9. Κατηγορία ανάλυσης στη μονάδα χημικών. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως).....	53
Πίνακας 10. Επιρροές από πρόληψη ατυχημάτων και νομοθετικό πλαίσιο. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως)..	53
Πίνακας 11. Μέτρα ελέγχου. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως).....	54

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1. Μείωση ρίσκου (Πηγή: McDonald, 2003).....	27
Σχήμα 2. Όρια alarp (Πηγή: McDonald, 2003).....	28
Σχήμα 3. Ιεράρχηση μέτρων ελέγχου. (Πηγή : Ajslev et al., 2022).....	29

1. Εισαγωγή

Εδώ και αρκετά χρόνια οι κοινωνικές, οικονομικές και ανθρωπιστικές συνέπειες των εργατικών ατυχημάτων καθώς και οι ασθένειες που οφείλονται σε αυτά, απασχολούν τους φορείς τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Για αυτό το λόγο αναπτύσσονται συνεχώς μέσα στα χρόνια στρατηγικές και μέτρα με στόχο την πρόληψη, τον έλεγχο, τη μείωση, ακόμα και την εξάλειψη των εργατικών ατυχημάτων ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις τεχνολογικές και οικονομικές αλλαγές. (Alli, 2008)

Η εκτίμηση ρίσκου είναι μια απαραίτητη και συστηματική διαδικασία για την εκτίμηση της συχνότητας και τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε συστήματα με επικίνδυνα χαρακτηριστικά και αποτελεί ένα απαραίτητο εργαλείο για την πολιτική ασφάλειας κάθε εταιρίας. (Marhavilas et al., 2011). Η εκτίμηση κινδύνου έχει κρίσιμο ρόλο στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη διαχείριση ρίσκου. Το επίπεδο της λεπτομέρειας, της ποιότητας και των κανονισμών διαφέρει σημαντικά σε κάθε βιομηχανία ανάλογα με τη σημαντικότητα της ασφάλειάς. Υπάρχουν μονάδες, όπως μια βιομηχανία χημικών, που ένα πιθανό ατύχημα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους μπορεί να θέσει σε κίνδυνο όχι μόνο το προσωπικό αλλά και το περιβάλλον. (Luca Pinciroli et al., 2026). Η εκτίμηση ρίσκου σε μια βιομηχανία τροφίμων εμπεριέχει την αξιολόγηση των επιπτώσεων των διαφορετικών στοιχείων και δραστηριοτήτων που συνδέονται με την παραγωγή, επεξεργασία, συσκευασία, αποθήκευση, διανομή και κατανάλωση τροφίμων σε ένα πλαίσιο που περιλαμβάνει κανονισμούς όπως οικονομικοί, κοινωνικοί, περιβαλλοντικοί, υγιεινής και ασφάλειας. (Erika Országh et al., 2024).

Στην εργασία που ακολουθεί, θα γίνει αναφορά στη βιβλιογραφία που είναι σχετική με το θέμα ώστε να προσδιοριστούν οι περισσότερες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται και θα εξεταστούν οι τρόποι εφαρμογής τους. Έπειτα θα αναφερθούν και θα παρουσιαστούν οι μέθοδοι των δύο μονάδων και θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά στη χρήση τους και στο υπόβαθρό τους.

Για τη σύγκριση μεταξύ των δύο μονάδων θα εξεταστούν μια μονάδα παραγωγής τροφίμων και μια μονάδα παραγωγής χημικών. Και οι δύο μονάδες έχουν παραλαβή-διανομή, κάποιο είδος θερμικής επεξεργασίας, συσκευασία, αποθήκες και εργατικό προσωπικό. Η σύγκριση θα γίνει σε όσο το δυνατό παρόμοιες καταστάσεις και χώρους ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα. Θα δοθούν ερωτηματολόγια στους τεχνικούς ασφαλείας των δύο μονάδων ώστε να γίνουν ξεκάθαρα τα κριτήρια που έχουν. Τα δεδομένα από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων θα χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων και τα συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ των δύο μονάδων θα χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων που αφορά τα κριτήρια.

Η δόμηση της εργασίας έχει ως εξής, στο 2ο κεφάλαιο θα γίνει επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικής με την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων καθώς και μέθοδοι εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου. Στη συνέχεια θα γίνει μια συνοπτική παρουσίαση των μεθόδων εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου που είναι

καταγεγραμμένες στη βιβλιογραφία. Στο 3ο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι μονάδες προς εξέταση, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν καθώς και τυχόν προβλήματα που προκύπτουν ως προς την αξιολόγηση και την ταξινόμηση των κινδύνων. Στο 4ο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ των δύο μονάδων. Στο 5ο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα καθώς και προτάσεις για έρευνα. Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε θα παρουσιαστεί στα παραρτήματα.

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

2.1 Εκτίμηση κινδύνου

2.1.1 Κίνδυνοι στο χώρο εργασίας

Η ασφάλεια και υγιεινή στο χώρο εργασίας, αποκτά καθημερινά όλο και μεγαλύτερη κοινωνική σημασία. Οι απαιτήσεις των εργαζομένων για συνθήκες ασφαλούς εργασίας χωρίς αντίκτυπο στην υγεία τους αυξάνονται καθημερινά ενώ η δραματική αύξηση των υποθέσεων που σχετίζονται με επαγγελματικά ατυχήματα και ασθένειες έχει αυξήσει τα έξοδα των συστημάτων κοινωνικής ασφάλισης. (Alli, 2008)

Η σημαντικότητα της ασφάλειας στην εργασία σαν θέμα αυξάνεται ημέρα με την ημέρα λόγω αυτού του κόστους και των κοινωνικών απαιτήσεων. Αύξηση επίσης παρατηρείται και στις μελέτες από κρατικούς αλλά και ιδιωτικούς οργανισμούς με θέμα την ασφάλεια στην εργασία. Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (ΠΟΥ) και ο διεθνής οργανισμός εργασίας (ΔΟΕ) ορίζουν την ασφάλεια στην εργασία ως την προσαρμογή της εργασίας σε κάθε άνθρωπο και την προσαρμογή κάθε ανθρώπου στην εργασία που εκτελεί ο ίδιος. (Kokangül et al., 2017)

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (ΠΟΥ) έχει σαν βασικό σκοπό την προώθηση, την εφαρμογή και φυσικά τον καθορισμό υγειονομικών κανόνων και προτύπων. Για αυτό το λόγο έχει υιοθετήσει μεθόδους αναγνωρισμένες διεθνώς με τις οποίες εξασφαλίζει την αξιολόγηση των διαθέσιμων δεδομένων που λαμβάνει, με αμεροληψία και αντικειμενικότητα, καθώς και τις προτάσεις της διεθνούς κοινότητας για να μπορέσει να ανταπεξέλθει στις ανάγκες που προκύπτουν παγκοσμίως για τη δημόσια υγεία. Στην 60η WHA (World Health Assembly) ζητήθηκε από τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας να αναπτυχθεί ένα πλαίσιο κανονισμών με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την προστασία από εργασιακά ατυχήματα το οποίο θα μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε περιβάλλον εργασίας ασχέτως με το μέγεθος ή την επισημότητά του.

Αυτοί οι κανονισμοί είναι προαιρετικοί και λειτουργούν σαν οδηγοί για τις κυβερνήσεις ώστε να μπορέσουν να δημιουργήσουν τους δικούς τους κανονισμούς και νόμους. (Parkalla και Collison, 2017)

Το οικονομικό και κοινωνικό κόστος λόγω των εργατικών ατυχημάτων και ασθενειών έχει φτάσει σε ανησυχητικά επίπεδα τόσο σε εθνικά όσο και σε παγκόσμια επίπεδα. Ανά τα έτη αναπτύσσονται νέα μέτρα και στρατηγικές ώστε να μπορούν να συμβαδίζουν με τις τεχνολογικές και οικονομικές εξελίξεις και έχουν σαν στόχο έχουν την πρόληψη, τον έλεγχο, τη μείωση και την εξάλειψη των επαγγελματικών κινδύνων. Η πρόοδος που σημειώνεται είναι αργή και η συχνότητα των εργατικών ατυχημάτων παραμένει μεγάλη με αποτέλεσμα το κόστος σε οικονομικό επίπεδο και ανθρώπινο δυναμικό να παραμένει υψηλό. Σε αναφορές του διεθνούς οργανισμού εργασίας (ΔΟΕ) εκτιμάται πως 2 εκατομμύρια θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα συμβαίνουν κάθε χρόνο με το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των θανάτων οφείλεται σε καρκίνο, κυκλοφορικές και εγκεφαλοαγγειακές ασθένειες και κάποιες μεταδοτικές. Ο συνολικός αριθμός των ετήσιων ατυχημάτων είναι 270 εκατομμύρια ενώ περίπου 160 εκατομμύρια εργαζόμενοι πάσχουν από ασθένειες λόγω εργασίας και σαν αποτέλεσμα τα δύο τρίτα από αυτούς είναι ανίκανοι εργασίας για 4 ημέρες ή και παραπάνω. Σαν τέταρτη αιτία θανατηφόρων ατυχημάτων είναι οι τραυματισμοί σε εργατικά ατυχήματα. Το οικονομικό κόστος αυτών των τραυματισμών και θανάτων είναι κολοσσιαίο, για τις επιχειρήσεις, σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Όταν λάβουμε υπόψη το χαμένο χρόνο εργασίας, τις αποζημιώσεις, τη διακοπή της παραγωγής, τα ιατρικά έξοδα, την εκπαίδευση και την επανεκπαίδευση, υπολογίζεται πως κάθε χρόνο, οι οικονομικές συνέπειες αγγίζουν το 4% του παγκόσμιου ακαθάριστου προϊόντος. Σύμφωνα με τον Alli (2008) όλα τα ατυχήματα στον εργασιακό και βιομηχανικό τομέα πηγάζουν από αιτίες που μπορούν να προληφθούν, αρκεί να αξιοποιηθούν οι ήδη υπάρχουσες μέθοδοι και τα διαθέσιμα μέσα προστασίας. Η σταδιακή υποχώρηση των ποσοστών ατυχημάτων στα ανεπτυγμένα κράτη επιβεβαιώνει αυτή την τάση. Γίνεται, λοιπόν, σαφές ότι η επένδυση σε στρατηγικές πρόληψης αποφέρει ουσιαστικά πλεονεκτήματα, περιορίζοντας τόσο το ανθρώπινο όσο και το οικονομικό κόστος. (Alli, 2008)

2.1.2 Τύποι κινδύνου

Ο Mcdonald αναφέρει πως υπάρχουν οι παρακάτω κατηγορίες κινδύνου :

- Γενικοί Φυσικοί Κίνδυνοι: Κινούμενα αντικείμενα (πτώσεις, συγκρούσεις), κατάρρευση κατασκευών και πλημμύρες.

- Μηχανολογικός Εξοπλισμός: Απελευθέρωση πίεσης (εκρήξεις δοχείων, ριπές αερίων/υγρών), δονήσεις, περιστρεφόμενες μηχανές, αστοχία συστημάτων ελέγχου (πρέσες, κοπτικά, παγίδευση σε ιμάντες μεταφοράς) και κίνδυνοι από συγκολλήσεις.
- Υλικά: Χρήση λανθασμένων υλικών, αστοχίες λόγω καταπόνησης, διάβρωση, ρωγμές και χημική προσβολή.
- Ηλεκτρολογικοί Κίνδυνοι: Ηλεκτροπληξία, βραχυκυκλώματα, πυρκαγιές, εκρήξεις σε διακόπτες ισχύος και λανθασμένες συνδέσεις.
- Χημικά και Πετρέλαιο: Εκρήξεις, πυρκαγιές, διαρροή τοξικών υλικών και σφάλματα στη χημική διεργασία.
- Επεξεργασία Τροφίμων: Σφάλματα στη διαδικασία, αποτυχία αποστείρωσης και επιμόλυνση του προϊόντος.
- Βιοιατρικά/Φαρμακευτικά: Διαρροή ιών, παρενέργειες φαρμάκων, τραυματισμοί από αιχμηρά αντικείμενα, σφάλματα στη συσκευασία ή την επισήμανση και αποτυχίες στην αποστείρωση.
- Πυρηνική Ενέργεια: Ραδιενέργεια, μόλυνση, διαρροή τοξικών υλικών και απώλεια ελέγχου πίεσης ή ατμού.
- Οικιακοί Κίνδυνοι: Θερμαντικά σώματα, συσκευές μαγειρέματος, σκάλες και πισίνες.

(Mcdonald, 2003)

2.1.3 Μέθοδοι εκτίμησης.

Το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης για το πεδίο της ανάλυσης κινδύνου έχει αυξηθεί κατακόρυφα κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Παράλληλα, η ανάλυση κινδύνου έχει εξελιχθεί σε μια αποτελεσματική και ολοκληρωμένη διαδικασία, η οποία λειτουργεί υποστηρικτικά και συμπληρωματικά στη συνολική διαχείριση σχεδόν κάθε πτυχής της καθημερινότητάς μας. Στελέχη από τους τομείς της υγείας, του περιβάλλοντος και των υποδομών την ενσωματώνουν πλέον σταθερά στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, η ευρεία υιοθέτηση της ανάλυσης κινδύνου από ποικίλους επιστημονικούς κλάδους, καθώς και η εφαρμογή της από τη βιομηχανία και τους κρατικούς φορείς, οδήγησαν σε μια πρωτοφανή ανάπτυξη θεωρητικών πλαισίων, μεθοδολογιών και πρακτικών εργαλείων. Σαν κίνδυνο ορίζουν την πιθανότητα να υποστεί δυσμενείς επιπτώσεις ένα πρόσωπο ή ένα αντικείμενο αξίας, εξαιτίας της έκθεσής του σε κάποια απειλή ενώ σαν απειλή ορίζουν την κάθε μη ασφαλή συνθήκη ή πιθανή πηγή ενός ανεπιθύμητου συμβάντος, που ενέχει την προοπτική πρόκλησης βλάβης ή ζημιάς. Δηλώνουν ακόμα πως η εκτίμηση κινδύνου αποτελεί μια θεμελιώδη και συστηματική διαδικασία για την αξιολόγηση της επίδρασης, της συχνότητας και των επιπτώσεων που έχουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες σε

συστήματα με επικίνδυνα χαρακτηριστικά. Παράλληλα, συνιστά ένα απαραίτητο εργαλείο για την πολιτική ασφάλειας κάθε επιχείρησης. Η ποικιλομορφία στις διαδικασίες ανάλυσης κινδύνου είναι τόσο μεγάλη, που υπάρχουν πολλές κατάλληλες τεχνικές για κάθε περίπτωση, με αποτέλεσμα η τελική επιλογή να εξαρτάται συχνά από την προσωπική προτίμηση του αναλυτή. (Marhavalas et al., 2011)

Οι Marhavalas et al. (2011) δηλώνουν επίσης πως μετά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας και την πληθώρα άρθρων που αναδείχθηκαν, τα οποία καλύπτουν ποικίλα πεδία όπως η μηχανική, η ιατρική, η χημεία, η βιολογία και η γεωπονία, οι τεχνικές ανάλυσης και εκτίμησης κινδύνου ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες: (α) τις ποιοτικές, (β) τις ποσοτικές και (γ) τις υβριδικές.

- Οι ποιοτικές μέθοδοι βασίζονται τόσο σε αναλυτικές διαδικασίες εκτίμησης όσο και στην εμπειρία των μηχανικών και των υπευθύνων ασφαλείας.
- Στις ποσοτικές μεθόδους, ο κίνδυνος προσεγγίζεται ως μια μετρήσιμη ποσότητα, η οποία μπορεί να υπολογιστεί και να εκφραστεί μέσω μαθηματικών σχέσεων, με τη βοήθεια πραγματικών δεδομένων από καταγεγραμμένα ατυχήματα στον χώρο εργασίας.
- οι υβριδικές μέθοδοι παρουσιάζουν μεγάλη πολυπλοκότητα λόγω του εξειδικευμένου χαρακτήρα τους, γεγονός που περιορίζει την ευρεία διάδοσή τους. (Marhavalas et al., 2011)

2.1.3.1 Ποιοτικές μέθοδοι

Λίστες Ελέγχου (Checklists)

Σύμφωνα με τους Marhavalas et al. (2011) και Reniers et al. (2005) οι λίστες ελέγχου αποτελούν μια συστηματική αξιολόγηση βάσει προκαθορισμένων κριτηρίων. Οι λίστες αυτές περιλαμβάνουν ερωτήματα σχετικά με τη λειτουργία, την οργάνωση, τη συντήρηση και άλλους τομείς που αφορούν την ασφάλεια μιας εγκατάστασης, αποτελώντας την πιο απλή μέθοδο εντοπισμού κινδύνων. Τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου συνοψίζονται στα εξής:

- Αποτελεί μια συστηματική προσέγγιση που βασίζεται στην εμπειρία του παρελθόντος, όπως αυτή αποτυπώνεται στα ερωτήματα της λίστας.
- Εφαρμόζεται σε κάθε δραστηριότητα ή σύστημα, συμπεριλαμβανομένων θεμάτων εξοπλισμού και ανθρώπινου παράγοντα.
- Διενεργείται συνήθως από ένα εκπαιδευμένο άτομο ή, ορισμένες φορές, από μια μικρή ομάδα.
- Βασίζεται κυρίως σε συνεντεύξεις, επισκόπηση εγγράφων και επιθεωρήσεις στο πεδίο.
- Παράγει ποιοτικές αναφορές συμμόρφωσης ή μη συμμόρφωσης, συνοδευόμενες από προτάσεις διορθωτικών ενεργειών.

- Η ποιότητα της αξιολόγησης εξαρτάται άμεσα από την εμπειρία των συντακτών της λίστας και την κατάρτιση των χρηστών της.
- Χρησιμοποιείται για υψηλού επιπέδου λεπτομερείς αναλύσεις, συμπεριλαμβανομένης της root cause analysis.
- Συχνά καθοδηγεί ομάδες επιθεώρησης σε κρίσιμα συστήματα πλοίων.

Λειτουργεί επίσης συμπληρωματικά ή ως αναπόσπαστο μέρος άλλων μεθόδων, όπως η ανάλυση "What-if", για την κάλυψη συγκεκριμένων απαιτήσεων.

Παρά την αποτελεσματικότητά της, η τεχνική αυτή παρουσιάζει δύο βασικούς περιορισμούς:

- α) Η δομή της βασίζεται αποκλειστικά στις ήδη υπάρχουσες γνώσεις που έχουν ενσωματωθεί στη λίστα. Αν ένα κρίσιμο ζήτημα παραλειφθεί από το ερωτηματολόγιο, η ανάλυση ενδέχεται να αγνοήσει σημαντικές αδυναμίες.
- β) Παρέχει παραδοσιακά μόνο ποιοτικές πληροφορίες, χωρίς ποσοτικές εκτιμήσεις των χαρακτηριστικών του κινδύνου. Αν και προσφέρει μεγάλη αξία με ελάχιστη επένδυση πόρων, μπορεί να απαντήσει σε πιο σύνθετα ερωτήματα μόνο αν εμπλουτιστεί με κάποια μορφή ποσοτικοποίησης ή ιεράρχησης κινδύνου. (Marhavilas et al., 2011)

What if analysis

Σύμφωνα με τους Marhavilas et al. (2011) και Reniers et al. (2005) πρόκειται για μια προσέγγιση η οποία: χρησιμοποιεί ευρεία και ελεύθερα δομημένα ερωτήματα προκειμένου να υποθέσει πιθανές ανωμαλίες που μπορεί να οδηγήσουν σε ατυχήματα ή προβλήματα στην απόδοση του συστήματος, και προσδιορίζει τι μπορεί να πάει στραβά, αξιολογώντας παράλληλα τις επιπτώσεις αυτών των καταστάσεων. Τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνικής συνοψίζονται συνοπτικά ως εξής:

- Αποτελεί μια συστηματική, αλλά ελαστικά δομημένη αξιολόγηση, η οποία βασίζεται σε μια ομάδα εμπειρογνομόνων για τη διεξαγωγή μιας ολοκληρωμένης ανασκόπησης και τη διασφάλιση της ύπαρξης των κατάλληλων μέτρων προστασίας.
- Συνήθως διενεργείται από μία ή περισσότερες ομάδες με διαφορετικό υπόβαθρο και εμπειρία, οι οποίες συμμετέχουν σε συναντήσεις ομαδικής αξιολόγησης εγγράφων και επιθεωρήσεις στο πεδίο.
- Είναι εφαρμόσιμη σε οποιαδήποτε δραστηριότητα ή σύστημα.
- Χρησιμοποιείται ως τεχνική εκτίμησης κινδύνου σε υψηλό επίπεδο με μεγάλη λεπτομέρεια.
- Παράγει ποιοτικές περιγραφές πιθανών προβλημάτων, υπό τη μορφή ερωτήσεων και απαντήσεων, καθώς και λίστες με προτάσεις για την πρόληψή τους.

- Η ποιότητα της αξιολόγησης εξαρτάται από την ποιότητα της τεκμηρίωσης, την κατάρτιση του επικεφαλής της ομάδας ανασκόπησης και την εμπειρία των μελών της ομάδας.
- Εφαρμόζεται γενικά σε σχεδόν κάθε τύπο εφαρμογής εκτίμησης κινδύνου, ιδιαίτερα σε εκείνες που χαρακτηρίζονται από σχετικά απλά σενάρια αστοχίας.
- Περιστασιακά χρησιμοποιείται ως αυτόνομη μέθοδος, αλλά συχνότερα λειτουργεί συμπληρωματικά σε άλλες, πιο δομημένες τεχνικές κυρίως στην ανάλυση μέσω λιστών ελέγχου.

Οι Marhavidas et al. (2011) και Reniers et al. (2005) δηλώνουν πως η διαδικασία για τη διεξαγωγή μιας What if analysis περιλαμβάνει επτά βήματα:

1. Προσδιορισμός ορίων: Καθορίζουμε με σαφήνεια τα πλαίσια για τα οποία απαιτούνται πληροφορίες σχετικά με τον κίνδυνο.
2. Καθορισμός ζητημάτων ενδιαφέροντος: Προσδιορίζουμε τα συγκεκριμένα προβλήματα που θα εξετάσει η ανάλυση.
3. Υποδιαίρεση του αντικειμένου: Χωρίζουμε το θέμα στα κύρια συστατικά του μέρη ώστε η ανάλυση να ξεκινήσει από αυτό το επίπεδο.
4. Διατύπωση ερωτημάτων «What if»: Δημιουργούμε σχετικά ερωτήματα για κάθε επιμέρους στοιχείο της δραστηριότητας ή του συστήματος.
5. Απάντηση και προτάσεις βελτίωσης: Απαντάμε σε κάθε ερώτημα και αναπτύσσουμε προτάσεις βελτίωσης όπου το επίπεδο κινδύνου κρίνεται μη αποδεκτό ή περιττό.
6. Περαιτέρω ανάλυση (εφόσον απαιτείται): Υποδιαιρούμε τα στοιχεία σε ακόμη πιο λεπτομερή επίπεδα ανάλυσης, μέχρι το σημείο όπου η περαιτέρω διαίρεση είτε δεν προσφέρει πλέον πολύτιμες πληροφορίες είτε ξεπερνά τις δυνατότητες ελέγχου και παρέμβασης του οργανισμού. Γενικός στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του επιπέδου ανάλυσης που απαιτείται για την εκτίμηση.
7. Λήψη αποφάσεων: Αξιολογούμε τα αποτελέσματα αξιολογώντας τις προτάσεις της ανάλυσης και εφαρμόζουμε εκείνες που θα αποφέρουν περισσότερα οφέλη σε σχέση με το κόστος τους κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της δραστηριότητας ή του συστήματος. (Marhavidas et al., 2011)

Επιθεωρήσεις Ασφαλείας (Safety audits)

Οι Marhavidas et al. (2011) και Reniers et al. (2005) αναφέρουν πως πρόκειται για διαδικασίες μέσω των οποίων ελέγχονται τα επιχειρησιακά προγράμματα ασφάλειας μιας εγκατάστασης, μιας διεργασίας ή ενός εργοστασίου. Σκοπός τους είναι ο εντοπισμός καταστάσεων στον εξοπλισμό ή στις λειτουργικές διαδικασίες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ατυχήματα, υλικές ζημιές ή περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ένας επιθεωρητής ή

μια ομάδα επιθεώρησης επανεξετάζει κρίσιμα χαρακτηριστικά, ώστε να επιβεβαιωθεί η εφαρμογή των κατάλληλων κριτηρίων σχεδιασμού, των συνθηκών λειτουργίας, των μέτρων ασφαλείας και των σχετικών προγραμμάτων διαχείρισης κινδύνου. Το αποτέλεσμα της επιθεώρησης είναι μια έκθεση που παρέχει στη διοίκηση της εταιρείας μια συνολική εικόνα του επιπέδου απόδοσης σε διάφορες πτυχές της ασφάλειας των λειτουργιών. Η αναφορά των αποτελεσμάτων θα πρέπει να περιλαμβάνει εύλογες συστάσεις και προτάσεις για τη βελτίωση των διαδικασιών ασφαλείας και την ενίσχυση της σχετικής ευαισθητοποίησης του προσωπικού. (Marhavidas et al., 2011)

Ανάλυση εργασίας (Task analysis)

Σύμφωνα με τους Marhavidas et al. (2011) πρόκειται για τη διαδικασία που αναλύει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι εκτελούν τις εργασίες στο εργασιακό τους περιβάλλον και τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι εργασίες αναλύονται σε επιμέρους υποέργα. Παράλληλα, περιγράφει την αλληλεπίδραση των χειριστών τόσο με το ίδιο το σύστημα όσο και με το υπόλοιπο προσωπικό εντός αυτού. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μιας λεπτομερούς εικόνας της ανθρώπινης συμμετοχής, αξιοποιώντας όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για μια ανάλυση σε ικανοποιητικό βαθμό λεπτομέρεια.

Η ανάλυση έργου περιλαμβάνει τη μελέτη των δραστηριοτήτων και των επικοινωνιών που αναλαμβάνουν οι χειριστές και οι ομάδες τους για την επίτευξη ενός συστημικού στόχου. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ένα μοντέλο έργου.

Η διαδικασία συνήθως εξελίσσεται σε τρεις φάσεις:

- Τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τις ανθρώπινες παρεμβάσεις και τις απαιτήσεις του συστήματος.
- Την αναπαράσταση αυτών των δεδομένων σε κατανοητή μορφή ή γράφημα.
- Τη σύγκριση μεταξύ των απαιτήσεων του συστήματος και των δυνατοτήτων του χειριστή.

Πρωταρχικός στόχος της ανάλυσης έργου είναι η διασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ των απαιτήσεων του συστήματος και των ικανοτήτων του χειριστή και, εάν είναι απαραίτητο, η τροποποίηση αυτών των απαιτήσεων ώστε η εργασία να προσαρμόζεται στον άνθρωπο. Μια ευρέως διαδεδομένη μορφή της είναι η Ιεραρχική Ανάλυση Έργου (Hierarchical Task Analysis - HTA). Μέσω της ιεραρχικής της προσέγγισης, παρέχει μια καλά δομημένη επισκόπηση των εργασιακών διαδικασιών, ακόμη και σε παραδείγματα ρεαλιστικού μεγέθους. Η HTA είναι μια εύχρηστη μέθοδος συλλογής και οργάνωσης πληροφοριών σχετικά με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και αλληλεπιδράσεις, επιτρέποντας στον αναλυτή να εντοπίσει εργασίες κρίσιμες για την ασφάλεια. Ωστόσο, είναι χρονοβόρα σε περιπτώσεις σύνθετων εργασιών και απαιτεί τη συνεργασία ειδικών που γνωρίζουν καλά τις συνθήκες λειτουργίας. (Marhavidas et al., 2011)

STEP (Sequentially Timed Event Plotting)

Η μέθοδος STEP σύμφωνα με τους Marhavidas et al. (2011) προσφέρει μια πολύτιμη επισκόπηση του χρόνου και της αλληλουχίας των γεγονότων ή ενεργειών που οδήγησαν σε ένα ατύχημα. Ουσιαστικά, επιτρέπει την αναπαράσταση της διαδικασίας πρόκλησης βλάβης μέσω της χαρτογράφησης της σειράς των συμβάντων που συνέβαλαν στο ατύχημα. Οι βασικές έννοιες της STEP περιλαμβάνουν την έναρξη του ατυχήματος μέσω ενός γεγονότος ή μιας μεταβολής που διέκοψε τη λειτουργία του τεχνικού συστήματος, τους παράγοντες που παρεμβαίνουν για τον έλεγχο του συστήματος και τα «δομικά στοιχεία γεγονότων». Οι αναλυτές συντάσσουν ένα φύλλο εργασίας STEP, στο οποίο αποτυπώνεται η εξέλιξη των γεγονότων και οι παρεμβάσεις στο σύστημα (στον οριζόντιο άξονα) από τους εμπλεκόμενους παράγοντες (στον κατακόρυφο άξονα). Στη συνέχεια, προσδιορίζουν τα κύρια συμβάντα που συνέβαλαν στο ατύχημα και δημιουργούν τα «δομικά στοιχεία» τους, τα οποία περιλαμβάνουν τις εξής πληροφορίες:

- τον χρόνο έναρξης του γεγονότος
- τη διάρκειά του
- τον παράγοντα που το προκάλεσε
- την περιγραφή του
- την πηγή της πληροφορίας

Σε δεύτερο στάδιο, τα γεγονότα συνδέονται μεταξύ τους με βέλη. Όλα τα συμβάντα πρέπει να έχουν βέλη εισόδου και εξόδου που δείχνουν τις σχέσεις προτεραιότητας και διαδοχής. Τα βέλη που συγκλίνουν υποδεικνύουν εξαρτήσεις μεταξύ των γεγονότων, ενώ τα βέλη που αποκλίνουν δείχνουν την επίδραση σε μεταγενέστερα συμβάντα. (Marhavidas et al., 2011)

Η μέθοδος HAZOP, Hazard and Operability study – Μελέτη Επικινδυνότητας και Λειτουργικότητας

Οι Marhavidas et al. (2011) και οι Reniers et al. (2005) αναφέρουν πως αυτή η μέθοδος αποτελεί μια τυποποιημένη μεθοδολογία για τον εντοπισμό και την καταγραφή κινδύνων μέσω υποθετικών σεναρίων. Περιλαμβάνει μια εξαιρετικά συστηματική εξέταση των εγγράφων σχεδιασμού της υπό μελέτη εγκατάστασης. Η μελέτη διεξάγεται από μια διεπιστημονική ομάδα, η οποία αναλύει διεξοδικά τις αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό. Η τεχνική HAZOP ακολουθεί μια συστηματική πορεία ώστε να εντοπίσει πιθανές αποκλίσεις από την κανονική λειτουργία και να διασφαλίσει ότι υπάρχουν οι κατάλληλες δικλίδες ασφαλείας για την πρόληψη ατυχημάτων.

Η βασική αρχή της μεθόδου είναι ότι οι κίνδυνοι σε μια μονάδα προκύπτουν λόγω αποκλίσεων από την προβλεπόμενη συμπεριφορά. Κατά τη διάρκεια της μελέτης, μια ομάδα εμπειρογνομόνων (ομάδα HAZOP) εξετάζει συστηματικά τα διαγράμματα διεργασιών, σωληνώσεων και οργάνων και προσδιορίζει τις αιτίες και τις αρνητικές συνέπειες για κάθε πιθανή απόκλιση σε κάθε τμήμα της μονάδας. Με αυτόν τον τρόπο, εντοπίζονται τα εν δυνάμει προβλήματα στη διαδικασία παραγωγής. Η ομάδα HAZOP αποτελείται από ειδικούς με εκτενή γνώση στον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη συντήρηση των βιομηχανικών μονάδων. Συνήθως προτείνεται μια εξαμελής ομάδα που περιλαμβάνει τον επικεφαλής, τον μηχανικό διεργασιών, εκπροσώπους λειτουργίας, ασφάλειας και συντήρησης, καθώς και έναν μηχανικό συστημάτων ελέγχου. Τα μέλη της ομάδας προσπαθούν να προβλέψουν τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να προκύψουν κίνδυνοι ή λειτουργικά προβλήματα. Για την κάλυψη όλων των πιθανών δυσλειτουργιών, χρησιμοποιείται ένα σύνολο από λέξεις-κλειδιά οι οποίες βοηθούν στη δημιουργία των αποκλίσεων των μεταβλητών της διεργασίας. Οι λέξεις-οδηγοί που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι: ΚΑΘΟΛΟΥ (NONE), ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΑΠΟ (MORE OF), ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΑΠΟ (LESS OF), ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ (PART OF) και ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΤΟΥ (MORE THAN). Όταν αυτές οι λέξεις εφαρμόζονται στις μεταβλητές κάθε γραμμής ή μονάδας, προκύπτουν οι αντίστοιχες αποκλίσεις που πρέπει να εξεταστούν. Οι λέξεις-κλειδιά και οι μεταβλητές πρέπει να συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να οδηγούν σε νοηματικά ορθές αποκλίσεις.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνικής συνοψίζονται ως εξής:

- Αποτελεί μια συστηματική και αυστηρά δομημένη αξιολόγηση, η οποία βασίζεται στις λέξεις-κλειδιά της HAZOP για τη διεξαγωγή μιας ολοκληρωμένης ανασκόπησης και τη διασφάλιση των κατάλληλων μέτρων προστασίας έναντι ατυχημάτων.
- Διενεργείται συνήθως από μια διεπιστημονική ομάδα εμπειρογνομόνων.
- Είναι εφαρμόσιμη σε οποιοδήποτε σύστημα, εγκατάσταση ή λειτουργική διαδικασία.
- Χρησιμοποιείται κυρίως ως τεχνική εκτίμησης επικινδυνότητας σε επίπεδο συστήματος.
- Παράγει κατά κύριο λόγο ποιοτικά αποτελέσματα, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατή μια βασική ποσοτικοποίηση των δεδομένων.(Marhavilas et al., 2011)

2.1.3.2 Ποσοτικές μέθοδοι

Αναλογικής Εκτίμησης Επικινδυνότητας - Proportional Risk-Assessment Technique (PRAT)

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί έναν μαθηματικό τύπο για τον υπολογισμό του κινδύνου που προκύπτει από μια πηγή κινδύνου. Ο κίνδυνος υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις πιθανές συνέπειες ενός ατυχήματος, τον

παράγοντα έκθεσης και τον παράγοντα πιθανότητας. Συγκεκριμένα, ο ποσοτικός υπολογισμός του κινδύνου δίνεται από την ακόλουθη αναλογική σχέση (Marhavidas & Koulouriotis, 2008):

$$R = P \times S \times F$$

όπου:

R : Ο Κίνδυνος (Ρίσκο).

P : Ο Παράγοντας Πιθανότητας.

S : Ο Παράγοντας Σοβαρότητας της Βλάβης

F : Ο Παράγοντας Συχνότητας (ή Έκθεσης).»

Η παραπάνω σχέση προσφέρει ένα λογικό πλαίσιο στη διοίκηση ασφάλειας για την ιεράρχηση των επικίνδυνων καταστάσεων που χρήζουν προσοχής. Η εγκυρότητα αυτών των προτεραιοτήτων και των σχετικών αποφάσεων εξαρτάται άμεσα από την αξιοπιστία των εκτιμήσεων για τις παραμέτρους P, S και F. Οι εκτιμήσεις αυτές, αν και φαίνονται απλές, προϋποθέτουν τη συλλογή πληροφοριών, την επιτόπια επίσκεψη στους χώρους εργασίας και τη συζήτηση με τους εργαζομένους σχετικά με τις δραστηριότητές τους (Reniers et al., 2005).

Μέθοδος Decision Matrix Risk-Assessment – DMRA

Οι Woodruff (2005) και Reniers et al. (2005) δηλώνουν πως πρόκειται για μια συστηματική προσέγγιση για την εκτίμηση της επικινδυνότητας, η οποία βασίζεται στη μέτρηση και την κατηγοριοποίηση των κινδύνων. Η διαδικασία αυτή στηρίζεται σε τεκμηριωμένη κρίση σχετικά με την πιθανότητα εμφάνισης και τις επερχόμενες συνέπειες, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τη σχετική σπουδαιότητα του κάθε κινδύνου. Ο συνδυασμός του εύρους των συνεπειών (σοβαρότητας) και της πιθανότητας εμφάνισης μάς δίνει μια εκτίμηση του κινδύνου ή μια κατάταξη επικινδυνότητας. Πιο συγκεκριμένα, το γινόμενο της σοβαρότητας (S) και της πιθανότητας (P) αποτελεί ένα μέτρο του κινδύνου (R), το οποίο εκφράζεται από τη σχέση:

$$R = S \times P$$

(Woodruff, 2005)

Σύμφωνα με τους (Marhavidas & Koulouriotis, 2008) αφού ολοκληρωθεί ο εντοπισμός των πηγών κινδύνου, ακολουθεί το ζήτημα του καθορισμού των δεικτών σοβαρότητας και πιθανότητας. Τελικά, η τεχνική ολοκληρώνεται με τη σύνταξη της μήτρας επικινδυνότητας και του πίνακα λήψης αποφάσεων.

Πίνακας 1. Πίνακας επικινδυνότητας (Πηγή Marhavidas & Koulouriotis, 2008)

		Κλίμακα πιθανότητας εμφάνισης					
		6	5	4	3	2	1
Κλίμακα συνεπειών	6	36	30	24	18	12	6
	5	30	25	20	15	10	5
	4	24	20	16	12	8	4
	3	18	15	12	9	6	3
	2	12	10	8	6	4	2
	1	6	5	4	3	2	1

Η νέα, εξελιγμένη τεχνική DMRA παρουσιάζει δύο βασικά πλεονεκτήματα:

- Διαφοροποιεί τους σχετικούς κινδύνους, διευκολύνοντας έτσι τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.
- Ενισχύει τη συνέπεια και τη βάση τεκμηρίωσης των αποφάσεων αυτών.

Επιπλέον, αποτελεί μια ποσοτική, λόγω της μέτρησης του κινδύνου, αλλά και γραφική μέθοδο, η οποία μπορεί να αναδείξει ζητήματα ευθύνης και να βοηθήσει τους υπεύθυνους διαχείρισης κινδύνου στην ιεράρχηση και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των κυριότερων απειλών. (Marhavidas & Koulouriotis, 2008)

Σύμφωνα με τους Marhavidas και Koulouriotis (2008), η ολοκλήρωση της διαδικασίας εκτίμησης επικινδυνότητας προϋποθέτει τη σύνταξη του Πίνακα Επικινδυνότητας (Πίνακας 1) και του Πίνακα Κριτηρίων

Αξιολόγησης Κινδύνων (Πίνακας 2). Μέσω αυτών των εργαλείων, κάθε εντοπισμένος κίνδυνος κατηγοριοποιείται με βάση τη συχνότητα εμφάνισής του και τη σοβαρότητα των δυνητικών του επιπτώσεων.

Πίνακας 2. Αξιολόγηση κινδύνων (Πηγή: Marhavidas και Koulouriotis, 2008)

	Μη αποδεκτός	18-36
	Ανεπιθύμητος	10-16
	Αποδεκτός υπό προϋποθέσεις	5-9
	Αποδεκτός	1-4

Η μέθοδος CREA - Clinical Risk and Error Analysis

Σύμφωνα με τους Trucco και Cavallin (2006) και αργότερα τους Marhavidas et al. (2011) η μέθοδος CREA αποτελεί μια μεθοδολογική προσέγγιση για την ποσοτική ανάλυση επικινδυνότητας η οποία εξελίσσεται σε πέντε στάδια.

Πίνακας 3. Στάδια μεθόδου CREA (Πηγή : Marhavidas et al., 2011)

Βήμα	Κύρια δραστηριότητα	Μέθοδος
1	Προσδιορισμός δραστηριοτήτων	IDEF
2	Περιγραφή δραστηριοτήτων	Cognitive task analysis
3	Εντοπισμός σφαλμάτων	Hazop
4	Αξιολόγηση κινδύνου	Risk diagram
5	Ανάλυση οργανωτικών αιτιών	Vincent's framework

Η προσέγγιση αυτή βασίζεται σε τεχνικές που είναι ήδη ευρέως καθιερωμένες στον βιομηχανικό κλάδο, έχοντας πλέον προσαρμοστεί κατάλληλα για τις ανάγκες του ιατρικού τομέα. Η μέθοδος CREA επιτρέπει στον αναλυτή να συνδυάζει δεδομένα που έχουν συλλεχθεί μέσω άμεσης παρατήρησης των διαδικασιών ή συνεντεύξεων με κλινικό προσωπικό, με στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Η εκτίμηση επικινδυνότητας στη μέθοδο CREA συνοψίζεται ως εξής: για κάθε δραστηριότητα k , υπολογίζεται η πιθανότητα $P(EMik)$ εμφάνισης του σφάλματος EMi και ο δείκτης σοβαρότητας $D(EMik)$ της σχετικής βλάβης, βάσει των διαθέσιμων δεδομένων και της κρίσης των εμπειρογνομόνων. Το γινόμενο τους αντιπροσωπεύει τον δείκτη επικινδυνότητας $R(EMik)$ για κάθε τύπο σφάλματος προκύπτει από την εξίσωση:

$$R(EMik) = P(EMik) \times D(EMik)$$

(Trucco & Cavallin, 2006)

2.1.3.3 Υβριδικές μέθοδοι

Fault Tree analysis

Για αυτή τη μέθοδο οι Marhavidas et al. (2011) και οι Reniers et al. (2005) αναφέρουν πως πρόκειται για μια απαγωγική τεχνική που εστιάζει σε ένα συγκεκριμένο συμβάν ατυχήματος, παρέχοντας μια μέθοδο προσδιορισμού των αιτιών του. Με άλλα λόγια, η FTA είναι μια τεχνική ανάλυσης που οπτικοποιεί το πώς οι λογικές σχέσεις μεταξύ αστοχιών εξοπλισμού, ανθρώπινων σφαλμάτων και εξωτερικών γεγονότων μπορούν να συνδυαστούν για να προκαλέσουν συγκεκριμένα ατυχήματα. Τα δέντρα σφαλμάτων (fault trees) κατασκευάζονται από γεγονότα και πύλες. Τα βασικά γεγονότα αντιπροσωπεύουν τεχνικές αστοχίες, ενώ τα ενδιάμεσα γεγονότα αναπαριστούν σφάλματα χειριστών που μπορεί να επιτείνουν τις τεχνικές αστοχίες. Οι πύλες δείχνουν τον τρόπο σύνδεσης αυτών των αστοχιών: μια πύλη AND σημαίνει ότι πρέπει να συμβούν όλα τα αρχικά γεγονότα για να προκληθεί το ενδιάμεσο, ενώ μια πύλη OR σημαίνει ότι αρκεί ένα από τα δύο.

Τα βασικά γραφικά σύμβολα είναι τα παρακάτω :

- Κορυφαίο (TOP) και ενδιάμεσα γεγονότα το οποίο αναπαρίστανται με ορθογώνιο. Το TOP event είναι το ατύχημα που αναλύεται, ενώ τα ενδιάμεσα είναι καταστάσεις που συμβάλλουν σε αυτό.
- Βασικά γεγονότα: Αναπαρίστανται με κύκλο και αποτελούν το χαμηλότερο επίπεδο ανάλυσης.
- Μη αναπτυγμένα γεγονότα: Αναπαρίστανται με ρόμβο (ανθρώπινα σφάλματα ή γεγονότα που δεν αναλύονται περαιτέρω).
- Πύλες AND: Το αποτέλεσμα προκύπτει μόνο αν συνυπάρχουν όλες οι είσοδοι ταυτόχρονα.
- Πύλες OR: Το αποτέλεσμα προκύπτει αν υπάρχει τουλάχιστον μία από τις εισόδους.
- Πύλες αναστολής (Inhibit): Ειδική περίπτωση της AND, όπου το αποτέλεσμα προκύπτει αν υπάρχει η είσοδος και ικανοποιείται μια συγκεκριμένη συνθήκη (σε οβάλ σχήμα).
- Σύμβολα μεταφοράς: Υποδεικνύουν ότι το δέντρο συνεχίζεται σε άλλη σελίδα.

(Marhavidas et al., 2011)

Οι Marhavidas et al. (2011) δηλώνουν ακόμα πως η διαδικασία εφαρμογής της μεθόδου αποτελείται από τα παρακάτω 8 βήματα :

1. Ορισμός συστήματος: Καθορισμός ορίων και αρχικών συνθηκών.
2. Ορισμός κορυφαίου γεγονότος (TOP): Προσδιορισμός του προβλήματος προς ανάλυση (π.χ. διακοπή λειτουργίας, ζήτημα ασφάλειας).
3. Δομή κορυφής: Προσδιορισμός των γεγονότων που οδηγούν άμεσα στο TOP event.

4. Διερεύνηση κλάδων: Ανάλυση κάθε ενδιάμεσου γεγονότος σε διαδοχικά επίπεδα λεπτομέρειας μέχρι την ολοκλήρωση του μοντέλου.
5. Επίλυση δέντρου: Εντοπισμός των συνδυασμών γεγονότων που προκαλούν το TOP event. Ένας ελάχιστος συνδυασμός απαραίτητων γεγονότων ονομάζεται minimal cut set.
6. Ανάλυση εξαρτημένων αστοχιών: Εντοπισμός κοινών αιτιών που μπορεί να προκαλέσουν πολλαπλά γεγονότα ταυτόχρονα.
7. Ποσοτική ανάλυση: Χρήση στατιστικών στοιχείων για την πρόβλεψη της μελλοντικής απόδοσης του συστήματος.
8. Λήψη αποφάσεων: Αξιοποίηση των αποτελεσμάτων για τον εντοπισμό αδυναμιών και τη διατύπωση προτάσεων μείωσης του κινδύνου.

(Marhavalas et al., 2011)

Μέθοδος ETA (Event Ttree Analysis)

Σύμφωνα με τους Marhavalas et al. (2011), Ayyub, (2003), Beim and Hobbs, (1997) και Hong et al. (2009) πρόκειται για μια μέθοδο που χρησιμοποιεί δέντρα αποφάσεων για την οπτική απεικόνιση των πιθανών εκβάσεων ενός αρχικού συμβάντος. Αποτελεί μια γραφική αναπαράσταση που προσδιορίζει και ποσοτικοποιεί τα πιθανά αποτελέσματα που ακολουθούν την έναρξη μιας ανωμαλίας. Τα μοντέλα αυτά διερευνούν πώς οι δικλίδες ασφαλείας και οι εξωτερικές επιδράσεις, γνωστά ως "γραμμές διασφάλισης", επηρεάζουν την εξέλιξη της αλυσίδας ενός ατυχήματος.

Οι Marhavalas et al. (2011), Ayyub, (2003), Beim and Hobbs, (1997) και Hong et al δηλώνουν ακόμα πως ως αφετηρία θεωρείται ένα αρχικό γεγονός, όπως η δυσλειτουργία ενός συστήματος ή μιας διεργασίας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται γραφικά και με χρονολογική σειρά τα προβλέψιμα αποτελέσματα που προκύπτουν. Ονομάζεται "δέντρο γεγονότων" επειδή η γραφική απεικόνιση των διαδοχικών συμβάντων διακλαδίζεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός τους. Δεδομένου ότι τα ενδιάμεσα γεγονότα θεωρούνται ανεξάρτητα μεταξύ τους, η πιθανότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης διαδρομής υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό των πιθανοτήτων όλων των επιμέρους συμβάντων που τη συνθέτουν.

Σύμφωνα με τους Marhavalas et al. (2011), Ayyub, (2003), Beim and Hobbs, (1997) και Hong et al η μέθοδος ETA είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την περιγραφή της χρονικής αλληλουχίας των γεγονότων. Στο στάδιο του σχεδιασμού, χρησιμοποιείται για την επαλήθευση των κριτηρίων βελτίωσης της απόδοσης και τον εντοπισμό μεθόδων προστασίας από αστοχίες. Η τεχνική εφαρμόζεται όχι μόνο στον σχεδιασμό και τη λειτουργία, αλλά και στην ανάλυση των αιτιών ατυχημάτων. Τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνικής συνοψίζονται ως εξής:

- Μοντελοποιεί το εύρος των πιθανών ατυχημάτων που πυροδοτούνται από ένα αρχικό γεγονός.

- Συνεκτιμά αποτελεσματικά τον χρονισμό, τις εξαρτήσεις και τα φαινόμενα "ντόμινο" μεταξύ των διαφόρων παραγόντων, στοιχεία που είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν με τα δέντρα σφαλμάτων (fault trees).

Ως τεχνική ανάλυσης, παράγει τα εξής:

1. Ποιοτικές περιγραφές πιθανών προβλημάτων ως συνδυασμούς γεγονότων.
2. Ποσοτικές εκτιμήσεις για τη συχνότητα ή την πιθανότητα εμφάνισης διαφόρων αλληλουχιών αστοχίας.
3. Καταλόγους συστάσεων για τη μείωση της επικινδυνότητας.
4. Ποσοτικές αξιολογήσεις της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων μέτρων.

(Marhavalas et al., 2011)

Μέθοδος Human Error Analysis Techniques (HEAT) & Human Factor Event Analysis (HFEA)

Σύμφωνα με τους Marhavalas et al. (2011), Attwood et al. (2006), Baysari et al. (2008), Hollywell (1996) Kontogiannis (1999) και Kontogiannis & Malakis, (2009) τα ανθρώπινα σφάλματα αναγνωρίζονται πλέον ως η κύρια αιτία σοβαρών ατυχημάτων και περιστατικών σε ένα μεγάλο εύρος βιομηχανικών κλάδων. Η συστηματική μελέτη του ανθρώπινου σφάλματος κατά τον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη συντήρηση πολύπλοκων συστημάτων μπορεί να οδηγήσει σε ενισχυμένη ασφάλεια και πιο αποδοτική λειτουργία.

Οι Marhavalas et al. (2011) και Kim & Jung (2003) αναφέρουν πως ο σχεδιασμός του εργασιακού χώρου και η κουλτούρα ασφάλειας, μαζί με την εκπαίδευση, την επαγγελματική επάρκεια, την πολυπλοκότητα των καθηκόντων και το εργασιακό στρες, συνιστούν μια ομάδα παραμέτρων που επηρεάζουν άμεσα τη συμπεριφορά των χειριστών. Οι παράγοντες αυτοί ορίζονται ως παράγοντες διαμόρφωσης της απόδοσης (Performance Shaping Factors - PSF). Οι παράγοντες αυτοί καλύπτουν όλους τους εργασιακούς τομείς που ασκούν επίδραση στην απόδοση των χειριστών και αξιοποιούνται στις μεθόδους HEAT. Μάλιστα, έχει διαπιστωθεί ότι μπορούν να αποτελέσουν τη γενεσιουργό αιτία αστοχιών και σε άλλα σύνθετα βιομηχανικά συστήματα.

Οι Marhavalas et al. (2011) και Zarboutis & Marmaras, (2007) αναφέρουν πως στη βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί διάφορες τεχνικές ανάλυσης του ανθρώπινου σφάλματος, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται οι:

- ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis)
- CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)
- HEART (Human Error Analysis and Reduction Technique)
- HEIST (Human Error Identification in System Tools)
- THERP (Technique for Human Error Rate Prediction)

Ο αντικειμενικός σκοπός αυτών των τεχνικών είναι ο προσδιορισμός των αιτιών εκδήλωσης του ανθρώπινου σφάλματος, των παραγόντων που επιδρούν στην ανθρώπινη απόδοση, καθώς και της πιθανότητας εμφάνισης των σφαλμάτων αυτών.

(Marhavalas et al., 2011)

2.1.4 Ιεράρχηση επικινδυνότητας

AHP

Σύμφωνα με τον Satty (1990) ο πιο δημιουργικό στάδιο στη λήψη μιας απόφασης είναι η επιλογή των παραγόντων που θεωρούνται κρίσιμοι για αυτήν. Στην Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP), αφού επιλεγούν αυτοί οι παράγοντες, τους οργανώνουμε σε μια ιεραρχική δομή. Αυτή η δομή ξεκινά από την κορυφή με τον γενικό στόχο και διαβαθμίζεται σε διαδοχικά επίπεδα που περιλαμβάνουν τα κριτήρια, τα υποκριτήρια και, τέλος, τις εναλλακτικές επιλογές. Κατά τη συγκρότηση των ιεραρχιών, είναι απαραίτητο να συμπεριλαμβάνεται επαρκής λεπτομέρεια ώστε:

Να αναπαρίσταται το πρόβλημα όσο το δυνατόν πληρέστερα, χωρίς όμως η υπερβολική ανάλυση να οδηγεί σε απώλεια της ευαισθησίας στις μεταβολές των στοιχείων.

- Να λαμβάνεται υπόψη το περιβάλλον που πλαισιώνει το πρόβλημα
- Να προσδιορίζονται τα ζητήματα ή τα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην επίλυση.
- Να αναγνωρίζονται οι συμμετέχοντες που σχετίζονται με το υπό εξέταση ζήτημα.

Ο Satty (1990) δηλώνει ακόμα πως η οργάνωση των στόχων, των χαρακτηριστικών, των ζητημάτων και των εμπλεκόμενων μερών σε μιας ιεράρχησης εξυπηρετεί δύο σκοπούς: παρέχει μια συνολική εικόνα των σύνθετων σχέσεων που είναι εγγενείς στην εκάστοτε κατάσταση και βοηθά τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων να αξιολογήσει εάν τα ζητήματα σε κάθε επίπεδο είναι της ίδιας τάξης μεγέθους, ώστε να μπορεί να συγκρίνει τέτοια ομοιογενή στοιχεία με ακρίβεια.

Όπως αναφέρει ο Satty (1990) η ιεράρχηση δεν απαιτείται να είναι πλήρης, ένα στοιχείο σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο δεν είναι απαραίτητο να λειτουργεί ως κριτήριο για όλα τα στοιχεία του αμέσως επόμενου επιπέδου. Η ιεράρχηση διαφέρει από το παραδοσιακό δέντρο αποφάσεων καθώς κάθε επίπεδο μπορεί να αντιπροσωπεύει μια διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος. Για παράδειγμα, ένα επίπεδο μπορεί να αφορά κοινωνικούς παράγοντες και ένα άλλο πολιτικούς, οι οποίοι αξιολογούνται με βάση τους κοινωνικούς ή το αντίστροφο.

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Satty (1990) ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων έχει τη δυνατότητα να προσθέτει ή να αφαιρεί επίπεδα και στοιχεία, ανάλογα με το τι απαιτείται για την αποσαφήνιση των προτεραιοτήτων ή την εστίαση σε συγκεκριμένα τμήματα του συστήματος. Στοιχεία με γενικό χαρακτήρα τοποθετούνται στα υψηλότερα επίπεδα, ενώ εκείνα που χαρακτηρίζουν εξειδικευμένα το υπό εξέταση πρόβλημα μπορούν να αναλυθούν σε μεγαλύτερο βάθος. Η διαδικασία καθορισμού προτεραιοτήτων απαιτεί τα κριτήρια, οι ιδιότητες ή τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών επιλογών, καθώς και οι ίδιες οι εναλλακτικές, να τοποθετούνται σταδιακά σε επίπεδα εντός της ιεράρχησης. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται ουσιαστική η μεταξύ τους σύγκριση σε σχέση με τα στοιχεία του αμέσως ανώτερου επιπέδου.

Ο Satty (1990) παρουσιάζει μια κλίμακα σύγκρισης κριτηρίων που βασίζεται σε λεκτικές κρίσεις, οι οποίες κυμαίνονται από την "ίση σπουδαιότητα" μεταξύ των κριτηρίων έως την "απόλυτη κυριαρχία" του ενός έναντι του άλλου. Σε αυτές τις ποιοτικές κρίσεις αντιστοιχούν συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές, οι οποίες επιτρέπουν τη μαθηματική επεξεργασία των δεδομένων. (Satty, 1990)

Πίνακας 4. Κλίμακα AHP (Πηγή : Satty 1990)

Ένταση Σπουδαιότητας	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίση σπουδαιότητα	Δύο δραστηριότητες συμβάλλουν εξίσου στην επίτευξη του στόχου.
3	Μέτρια υπεροχή	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν ελαφρώς τη μία δραστηριότητα έναντι της άλλης.
5	Ισχυρή υπεροχή	Η εμπειρία και η κρίση ευνοούν σημαντικά τη μία δραστηριότητα έναντι της άλλης.
7	Πολύ ισχυρή υπεροχή	Μια δραστηριότητα ευνοείται έντονα και η κυριαρχία της είναι εμφανής στην πράξη.
9	Εξαιρετική υπεροχή	Οι αποδείξεις που ευνοούν τη μία δραστηριότητα έναντι της άλλης είναι της μέγιστης δυνατής ισχύος.
2, 4, 6, 8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται συμβιβασμός μεταξύ δύο διαδοχικών κρίσεων.
Αντίστροφες τιμές (Reciprocals)	Αντίστροφη σύγκριση	Εάν στη δραστηριότητα <i>i</i> αποδοθεί ένας από τους παραπάνω αριθμούς σε σύγκριση με τη δραστηριότητα <i>j</i> , τότε η <i>j</i> λαμβάνει την αντίστροφη τιμή σε σύγκριση με την <i>i</i> .

Η μέθοδος AHP, σύμφωνα με τους Aminbakhsh et al. (2013) βασίζεται σε τρεις θεμελιώδεις αρχές:

- Την αποσύνθεση της δομής
- Τη σύγκριση των κρίσεων
- Την ιεραρχική σύνθεση των προτεραιοτήτων.

Η ανάλυση ενός προβλήματος στα επιμέρους συστατικά του διευκολύνει τη δημιουργία ιεράρχησης, η οποία βοηθά στον προσδιορισμό της σπουδαιότητας κάθε κριτηρίου. Στην AHP, το πρόβλημα λήψης απόφασης συνήθως διαιρείται σε μια ιεραρχία υπο-προβλημάτων, καθένα από τα οποία μπορεί να αναλυθεί ανεξάρτητα. Τα στοιχεία της ιεραρχίας μπορούν να αφορούν οποιαδήποτε πτυχή του προβλήματος. Μόλις δομηθεί η ιεραρχία, οι εμπειρογνώμονες αντιστοιχίζουν μια αριθμητική κλίμακα σε κάθε ζεύγος εναλλακτικών επιλογών (A_i, A_j). Οι αριθμητικές αυτές κλίμακες προκύπτουν από τη σύγκριση των εναλλακτικών ανά ζεύγη, με βάση την επίδρασή τους σε ένα στοιχείο που βρίσκεται σε ανώτερο επίπεδο της ιεραρχίας. Ο όρος A_{ijk} εκφράζει την προσωπική προτίμηση του εμπειρογνώμονα k όσον αφορά την εναλλακτική A_i σε σύγκριση με την εναλλακτική A_j .

Οι Aminbakhsh et al., (2013) δηλώνουν ακόμα πως μόλις διαμορφωθούν οι συνολικές κρίσεις των εμπειρογνομόνων και υπολογιστούν με τη χρήση του γεωμετρικού μέσου, εισάγονται στον πίνακα σύγκρισης D . (Aminbakhsh et al., 2013)

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Ο πίνακας D έχει τις παρακάτω ιδιότητες :

$$\alpha_{ij} > 0, \alpha_{ij} = \frac{1}{\alpha_{ji}}, \forall i$$

Όπου $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Και ισχύουν τα παρακάτω για τα στοιχεία του :

$$\alpha_{ij} * \alpha_{jk} = \alpha_{ik}, \forall k$$

Όπου $i, j, k = 1, 2, \dots, n$.

Σύμφωνα με τους Marhavilas et al. (2019) η ιεράρχηση της επικινδυνότητας αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο στην ανάλυση HAZOP, καθώς επιτρέπει την προτεραιοποίηση των συστάσεων που διατυπώνονται στο τέλος της διαδικασίας.

Οι επιχειρήσεις συχνά αναπτύσσουν εταιρικά συστήματα ιεράρχησης κινδύνου, προκειμένου να διασφαλίσουν τη συνέπεια των αποτελεσμάτων μεταξύ των διαφόρων μελετών HAZOP. Αυτή η ιεράρχηση επιτυγχάνεται μέσω ποιοτικών εκτιμήσεων για τη σοβαρότητα και την πιθανότητα εμφάνισης επικίνδυνων σεναρίων, τα οποία στη συνέχεια συνδυάζονται για τη δημιουργία εκτιμήσεων κινδύνου σε μορφή μήτρας, πίνακα ή πλέγματος. Οι Marhavilas et al. (2019) τονίζουν ακόμα πως η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytic Hierarchy Process - AHP), η οποία εισήχθη από τον Saaty (1990), αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες και αποτελεσματικές μεθόδους Λήψης Αποφάσεων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (MCDM). Η ιεραρχική και συστηματική μεθοδολογία της την καθιστά ιδιαίτερα δημοφιλή για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων λήψης αποφάσεων, με αποτέλεσμα να έχει ενσωματωθεί επιτυχώς σε ποικίλα πεδία, από την εκπαίδευση έως τις στρατιωτικές εφαρμογές. Στον τομέα της ασφάλειας, η AHP έχει εφαρμοστεί σε διάφορες περιπτώσεις, ωστόσο η συνδυαστική χρήση της με τις μελέτες HAZOP παραμένει σπάνια. (Marhavilas et al., 2019)

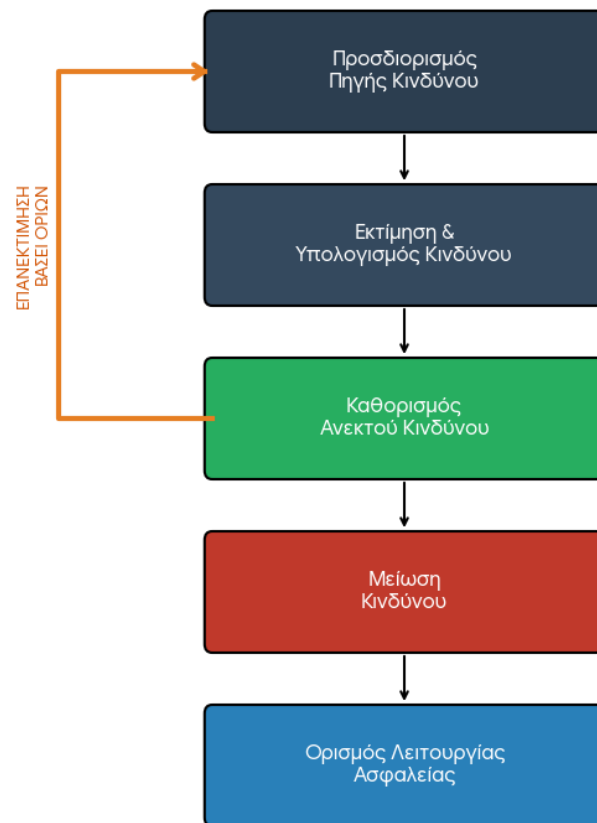
2.1.5 Μέτρα ελέγχου

Μείωση του Κινδύνου

Ο Mcdonald αναφέρει πως η ελάττωση της επικινδυνότητας αποτελεί το κύριο αντικείμενο των μέτρων προστασίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό επιτυγχάνεται μέσω εναλλακτικών μεθόδων εργασίας, ενώ σε άλλες μέσω της χρήσης συστημάτων προστασίας.

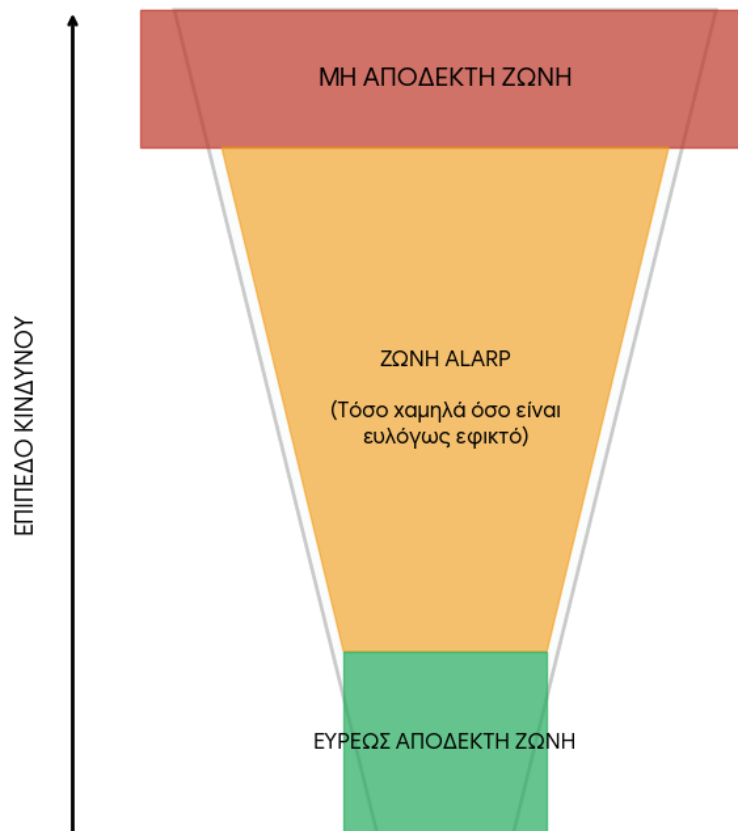
Κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος προστασίας, πρέπει να προσδιορίσουμε το απαιτούμενο επίπεδο αποτελεσματικότητάς του. Με άλλα λόγια, οφείλουμε να αποφασίσουμε πόση μείωση του κινδύνου είναι απαραίτητη —ένα από τα δυσκολότερα σημεία συμφωνίας σε μια μελέτη. Ο αντικειμενικός στόχος είναι η μείωση του κινδύνου από ένα μη αποδεκτό επίπεδο σε ένα τουλάχιστον ανεκτό. Αυτή η αρχή έχει θεμελιώδη επίδραση στον τρόπο σχεδιασμού ενός συστήματος ασφαλείας, όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα.

Σχήμα 1. Μείωση ρίσκου (Πηγή: Mcdonald, 2003)



Η έννοια του ανεκτού κινδύνου απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα, το οποίο παρουσιάζει τη γνωστή αρχή ALARP (As Low As Reasonably Practicable).

Σχήμα 2. Όρια alarp (Πηγή: Mcdonald, 2003)



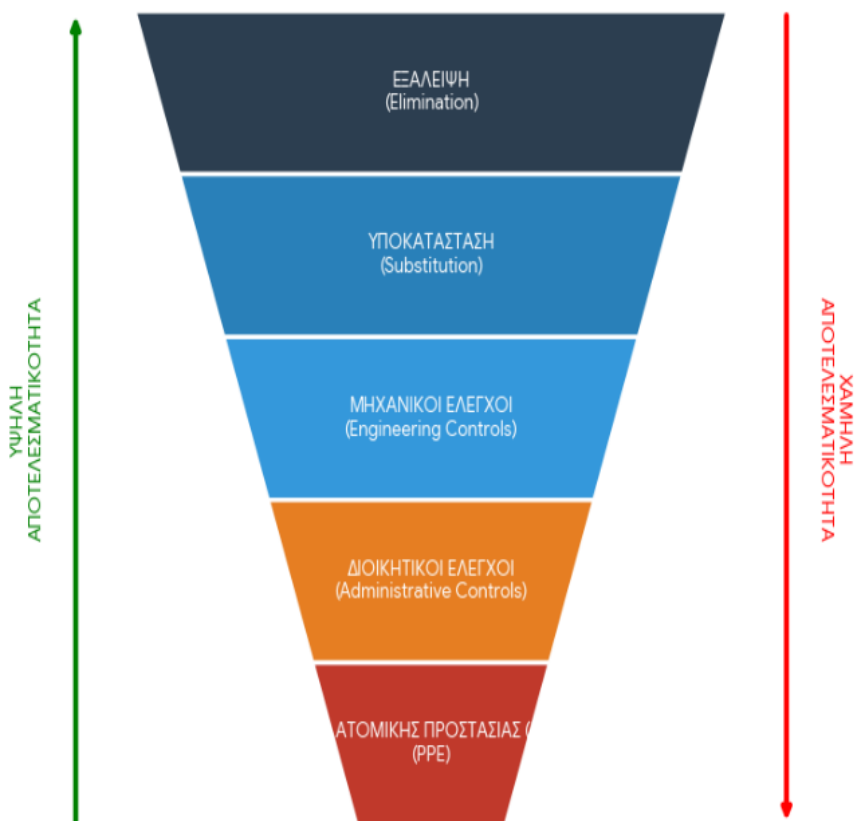
- Μη αποδεκτή ζώνη: Ο κίνδυνος είναι τόσο υψηλός που δεν μπορεί να γίνει ανεκτός, ανεξάρτητα από τα οφέλη της δραστηριότητας.
- Ανεκτή ζώνη: Ο κίνδυνος είναι ανεκτός μόνο εάν η περαιτέρω μείωσή του είναι πρακτικά αδύνατη ή αν το κόστος της μείωσης είναι εξαιρετικά δυσανάλογο σε σχέση με το όφελος που προκύπτει.
- Ευρέως αποδεκτή ζώνη: Ο κίνδυνος είναι τόσο χαμηλός που δεν απαιτούνται πρόσθετα μέτρα προστασίας, παρά μόνο η διατήρηση των υφιστάμενων ελέγχων.

Ουσιαστικά, η αρχή αυτή καθοδηγεί τους συμμετέχοντες στη μελέτη επικινδυνότητας στον καθορισμό ανεκτών στόχων κινδύνου για κάθε επικίνδυνη κατάσταση. Αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα για τη θέσπιση ενός προτύπου απόδοσης για οποιοδήποτε σύστημα ασφαλείας. (Mcdonald, 2003)

Ιεραρχία μέτρων ελέγχου

Όπως αναφέρουν οι Ajslev et al., (2022) η ιεραρχία των μέτρων ελέγχου (HOC) έχει προσελκύσει αυξανόμενο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια και προτείνεται από εθνικά ινστιτούτα για την επαγγελματική ασφάλεια και υγεία στην Αυστραλία, τον Καναδά, τη Δανία και τις ΗΠΑ. Παρόλο που δεν αποτέλεσε αντικείμενο εκτενούς επιστημονικού ενδιαφέροντος στο παρελθόν, η HOC έχει τις ρίζες της στην "ιεραρχία λήψης αποφάσεων ασφαλείας", η οποία αργότερα ονομάστηκε "ιεραρχία των μέτρων ελέγχου". Η HOC απεικονίζεται στο Σχήμα 3 και περιγράφεται ως μια ιεραρχία πέντε επιπέδων, η οποία κατατάσσει τα μέτρα ασφαλείας ανάλογα με την αποτελεσματικότητά τους. (Ajslev et al., 2022)

Σχήμα 3. Ιεράρχηση μέτρων ελέγχου. (Πηγή : Ajslev et al., 2022)



Εξάλειψη

Η εξάλειψη των κινδύνων για την ασφάλεια μέσω του ανασχεδιασμού των εργασιών ή των διεργασιών θεωρείται η πλέον αποτελεσματική μορφή προστασίας. Εάν μια επικίνδυνη διεργασία καταργηθεί, ο κίνδυνος που συνδέεται με αυτήν εξαφανίζεται επίσης. Στόχος αυτής της μορφής πρόληψης είναι η ελαχιστοποίηση της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης με εξοπλισμό, υλικά και διαδικασίες που ενέχουν κινδύνους. Με αυτόν τον τρόπο, η πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος αφαιρείται πλήρως από την εργασιακή διαδικασία.

Υποκατάσταση

Ως υποκατάσταση ορίζεται η μείωση της επικινδυνότητας μέσω της χρήσης λιγότερο επικίνδυνων μεθόδων, υλικών ή διεργασιών από εκείνες που είχαν αρχικά σχεδιαστεί. Αυτό μπορεί να αφορά την εφαρμογή αυτόματου χειρισμού υλικών αντί του χειροκίνητου, την αντικατάσταση επικίνδυνων χημικών ουσιών με λιγότερο επικίνδυνες ή την αντικατάσταση μηχανημάτων με νεότερα και ασφαλέστερα μοντέλα. Με την υιοθέτηση τέτοιων υποκαταστάσεων, μειώνεται η εξάρτηση από τις ανθρώπινες ενέργειες, αν και η μέθοδος αυτή δεν είναι τόσο αποτελεσματική όσο η εξάλειψη.

Μηχανικά Μέτρα

Η εφαρμογή διατάξεων ασφαλείας και συστημάτων προειδοποίησης που είναι ενσωματωμένα στα μηχανήματα και τον εξοπλισμό ονομάζεται μηχανικά μέτρα. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στον διαχωρισμό του εργαζόμενου από τις πηγές κινδύνου και στη μείωση της πιθανότητας σφάλματος. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται προστατευτικά καλύμματα, συστήματα αυτόματου κλειδώματος, συναγερμοί εκκίνησης εξοπλισμού, συστήματα ανίχνευσης, δίχτυα ασφαλείας ή συστήματα προστασίας από πτώση.

Διοικητικά Μέτρα

Τα διοικητικά μέτρα περιλαμβάνουν συστήματα προειδοποίησης, σήματα, πινακίδες, ετικέτες, οδηγίες, εκπαίδευση, επιμόρφωση ή διαδικασίες που αποσκοπούν στον επηρεασμό της συμπεριφοράς, των αντιδράσεων ή των πρακτικών των ανθρώπων. Αυτά τα μέτρα περιλαμβάνουν την ανάπτυξη μεθόδων και διαδικασιών εργασίας, την επιλογή προσωπικού, την εκπαίδευση, την καθοδήγηση, την επίβλεψη, τον προγραμματισμό, την παροχή κινήτρων, την εναλλαγή θέσεων εργασίας, τη διαχείριση αλλαγών, καθώς και αλλαγές στη συμπεριφορά, την κουλτούρα ή τις πρακτικές, ή ακόμη και την επιθεώρηση. Η επίτευξη υψηλών επιπέδων απόδοσης σε όλες αυτές τις πρωτοβουλίες θεωρείται σπάνια.

Μέτρα Ατομικής Προστασίας

Ορισμένες εργασίες απαιτούν τον κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό. Η παροχή του προϋποθέτει τον προσδιορισμό των αναγκών, την προσαρμογή, την εκπαίδευση, την επιθεώρηση και τη συντήρηση του εξοπλισμού αυτού. Παραδείγματα αποτελούν τα υποδήματα ασφαλείας, τα γιλέκα υψηλής διακριτότητας, τα γυαλιά, τα κράνη κ.ο.κ. Παρόλο που ο εξοπλισμός είναι σημαντικός, αυτά αποτελούν τις λιγότερο αποτελεσματικές λύσεις, καθώς αποσκοπούν στον μετριασμό των υφιστάμενων κινδύνων και όχι στην πλήρη εξάλειψή τους.

Στον τομέα της Υγείας και Ασφάλειας στις κατασκευές, η θεμελιώδης λογική της ιεραρχίας των μέτρων ελέγχου (HOC) υποστηρίζει ότι τα μέτρα στα υψηλότερα επίπεδα της ιεραρχίας (εξάλειψη και υποκατάσταση) βελτιώνουν την ασφάλεια πολύ πιο αποτελεσματικά από τα μέτρα χαμηλότερου επιπέδου, όπως οι διοικητικά μέτρα ή τα ΜΑΠ για αυτό και είναι επιθυμητό να εφαρμόζονται κατά προτεραιότητα. (Ajslev et al., 2022)

2.2 Βιομηχανίες στις οποίες τα συστήματα λειτουργικής ασφάλειας είναι συνήθη

Όπως δηλώνει ο Mcdonald, αν και η εστίασή επικεντρώνεται στη μεταποιητική βιομηχανία και τη βιομηχανία διεργασιών, οι μελέτες επικινδυνότητας μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων. Όσον αφορά τους κλάδους όπου χρησιμοποιούνται συνήθως ενεργά συστήματα ή συστήματα λειτουργικής ασφάλειας. Αυτοί είναι:

- Βιομηχανία χημικών: Παραγωγή και επεξεργασία.
- Διύλιση πετρελαίου και πλατφόρμες εξόρυξης: Προστασία μονάδων, συστήματα επείγουσας διακοπής λειτουργίας (ESD) πλατφόρμας και συστήματα απομόνωσης.
- Διανομή φυσικού αερίου: Σταθμοί συμπίεσης.
- Ναυτιλία: Συστήματα πρόωσης πλοίων, προστασία φορτίου.
- Παραγωγή ενέργειας: Συμβατικοί και πυρηνικοί σταθμοί.
- Λέβητες και φούρνοι: Βιομηχανικά συστήματα θέρμανσης.
- Μεταλλευτικές και μεταλλουργικές διεργασίες.
- Μονάδες παραγωγής και συναρμολόγησης: Συστήματα προστασίας μηχανημάτων.
- Σιδηρόδρομοι: Συστήματα ελέγχου τρένων και φωτισήμανσης.

(Mcdonald, 2003)

2.2.1 Ασφάλεια σε βιομηχανία διεργασίας χημικών

Ο Mcdonald δηλώνει πως αν εξετάσουμε την περίπτωση των κινδύνων σε μια εγκατάσταση χημικών και πώς αυτοί σχετίζονται με τις μεθόδους μελέτης επικινδυνότητας, θα μας δώσει μια εικόνα για το πώς πρέπει να

ελέγχεται ένας συνδυασμός συνθηκών, προκειμένου να αποκαλυφθούν καταστάσεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ατύχημα.

Ο Mcdonald αναφέρει πως προκειμένου να προκληθεί μια έκρηξη, είναι απαραίτητο να συνυπάρχουν ένα εκρηκτικό μείγμα ή υλικό και μια πηγή ανάφλεξης. Μια έκρηξη στο εσωτερικό ενός δοχείου ή ενός κτιρίου χαρακτηρίζεται ως "περιορισμένη", ενώ μια έκρηξη στον ελεύθερο αέρα ονομάζεται "μη περιορισμένη". Το εκρηκτικό μείγμα δημιουργείται όταν ένα αέριο καύσιμο αναμιγνύεται με έναν οξειδωτικό παράγοντα (αέρας, οξυγόνο). Οι αναλογίες του μείγματος πρέπει να βρίσκονται μεταξύ του κάτω ορίου εκρηκτικότητας (LEL) και του άνω ορίου εκρηκτικότητας (UEL).

Ανάμεσα στα δύο όρια υπάρχει ενίοτε μια περιοχή όπου το μείγμα είναι τόσο ισχυρό ώστε, κατά την ανάφλεξη, προκαλείται πυροκρότηση. Αυτό σημαίνει ότι το μέτωπο της φλόγας σχηματίζει ένα ωστικό κύμα που ταξιδεύει με την ταχύτητα του ήχου. Εκτός του εύρους πυροκρότησης, το μέτωπο της φλόγας κινείται αργά, συνήθως με 1 m/s και η έκρηξη περιγράφεται ως απότομη ανάφλεξη. Ο Πίνακας 5 παραθέτει τα όρια έκρηξης και πυροκρότησης για ορισμένα κοινά αέρια στον αέρα.

Πίνακας 5: Όρια έκρηξης και πυροκρότησης (Πηγή Mcdonald, 2003)

ΑΕΡΙΟ	ΕΚΡΗΞΗ Κατώτερο (%)	ΕΚΡΗΞΗ Ανώτερο (%)	ΠΥΡΟΚΡΟΤΗΣΗ Κατώτερο (%)	ΠΥΡΟΚΡΟΤΗΣΗ Ανώτερο (%)
Υδρογόνο	4	74,2	18,3	59
Ακετυλίνη	2,5	80	4,2	50
Μεθάνιο	5	15	10*	53
Βουτάνιο	1,18	8,4	2	6,2
Μεθανόλη	6,7	36,5	9,5*	64,5
Αιθέρας	1,9	36,5	2,8	4,5
Αμμωνία	16	27	25*	75*

*Μόνο σε καθαρό οξυγόνο

(Mcdonald, 2003)

Οι κυριότερες πηγές ανάφλεξης σύμφωνα με τον Mcdoland σε μια βιομηχανική μονάδα διεργασίας χημικών περιλαμβάνουν:

- Φλόγες και θερμές επιφάνειες: Ανοιχτές φλόγες ή επιφάνειες εξοπλισμού που αναπτύσσουν υψηλή θερμοκρασία.
- Σπινθήρες: Μπορεί να οφείλονται σε ηλεκτρικά αίτια, μηχανικά αίτια ή χημικές αντιδράσεις.
- Στατικός ηλεκτρισμός: Συσώρευση ηλεκτρικού φορτίου που μπορεί να προκαλέσει σπινθήρα κατά την εκτόνωση.
- Συμπύεση, κρούση ή τριβή: Μηχανική ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα, ικανή να προκαλέσει ανάφλεξη.

Ο Mcdonald συμπληρώνει πως για να αναφλεγεί ένα συγκεκριμένο μείγμα αερίου, πρέπει να ικανοποιούνται ταυτόχρονα δύο κρίσιμες παράμετροι:

1. Επίπεδο ενέργειας: Η διαθέσιμη ενέργεια από την πηγή ανάφλεξης πρέπει να υπερβαίνει την ελάχιστη ενέργεια ανάφλεξης του συγκεκριμένου μείγματος.
2. Θερμοκρασία: Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή της πηγής πρέπει να είναι υψηλότερη από την ελάχιστη θερμοκρασία ανάφλεξης.

Συνεπώς, είναι εφικτό να αποτραπεί η μετατροπή των ηλεκτρονικών οργάνων σε πηγή ανάφλεξης στις περιοχές της μονάδας, εάν η θερμοκρασία και τα επίπεδα αποθηκευμένης ενέργειάς τους περιοριστούν μέσω σχεδιασμού σε τιμές χαμηλότερες από τα όρια των κατηγοριών αερίων που υπάρχουν στην εγκατάσταση. Αυτή η μορφή προστασίας είναι γνωστή ως εγγενής ασφάλεια και πρόκειται για ένα από τα μέτρα μείωσης της επικινδυνότητας. (Mcdonald, 2003)

Οι χημικές πυρκαγιές σύμφωνα με τον Mcdonald μπορούν να εκδηλωθούν εντός των συστημάτων περιορισμού της διεργασίας, αλλά είναι συχνά σοβαρότερες όταν συμβαίνουν εκτός αυτών, λόγω διαρροών ή λανθασμένων εκκενώσεων εύφλεκτων υλικών. Όπως και στις εκρήξεις, απαιτείται μια πηγή θερμότητας ή ανάφλεξης· ωστόσο, στις πυρκαγιές η καύση συντηρείται από τη συνεχή εξάτμιση του καυσίμου και όχι από μια στιγμιαία έκρηξη.

Η πρόληψη των πυρκαγιών αποτελεί μορφή προστασίας από κινδύνους. Οι πιθανότητες αποφυγής της ανάφλεξης υγρών καυσίμων φαίνονται μεγαλύτερες σε σχέση με τα νέφη εύφλεκτων ατμών. Συνεπώς, η εξάλειψη πηγών σπινθηρισμού μέσω της αντiekρηκτικής προστασίας του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ισχύος αποτελεί κύριο μέτρο προστασίας. Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, τα όργανα εγγενούς ασφάλειας αποτελούν ένα επιπλέον μέτρο μείωσης του κινδύνου.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και την κατάσβεση πυρκαγιών ταξινομείται ως ενεργό σύστημα ασφαλείας και, ως εκ τούτου, εμπίπτει στο πεδίο της λειτουργικής ασφάλειας. Αν επανεξετάσουμε τον

ορισμό της λειτουργικής ασφάλειας, γίνεται σαφές ότι η αποτυχία λειτουργίας ενός συστήματος ανίχνευσης πυρκαγιάς και αερίων θα συνιστούσε οπωσδήποτε κίνδυνο για τους ανθρώπους και τον εξοπλισμό. (Mcdonald, 2003)

Ο Mcdonald αναφέρει ακόμα πως υπάρχουν πολλές μορφές τοξικών υλικών, που κυμαίνονται από τις εξαιρετικά επικίνδυνες έως τις απλώς ενοχλητικές, συμπεριλαμβανομένων των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων από ρύπους χαμηλής έντασης. Σε γενικές γραμμές, τα συστήματα οργάνων ασφαλείας χρησιμοποιούνται για την πρόληψη κρίσιμων και μεγάλης κλίμακας διαρροών, ενώ οι μακροπρόθεσμοι κίνδυνοι τοξικότητας αντιμετωπίζονται μέσω του σχεδιασμού της εγκατάστασης και των ορθών πρακτικών λειτουργίας.

Οι περισσότεροι κίνδυνοι προκύπτουν από λειτουργικά σφάλματα ή αστοχίες εξοπλισμού και συνδέονται με την απειλή έκρηξης, πυρκαγιάς ή έκλυσης τοξικών ουσιών, οι πιο βασικοί σύμφωνα με τον Mcdonald είναι :

- Υλικά κατασκευής: Προβλήματα που σχετίζονται με την ποιότητα ή τη συμβατότητα των υλικών της εγκατάστασης.
- Αστοχίες εξοπλισμού: Βλάβες σε κρίσιμα μηχανικά μέρη, όπως αντλίες, πηγές θερμότητας κ.λπ.
- Οργανολογία: Πίνακες με τους τρόπους αστοχίας, τα αίτια και τις επιπτώσεις ενός ελαττωματικού βρόχου ελέγχου (control loop).
- Λειτουργία εκτός ορίων σχεδιασμού: Αποτυχία διατήρησης της παραγωγικής διαδικασίας εντός των προδιαγεγραμμένων ορίων ασφαλείας.
- Ανθρώπινο σφάλμα: Ποσοστά λαθών των χειριστών, χρόνοι αντίδρασης ή περιπτώσεις απουσίας από τη θέση εργασίας.
- Σφάλματα σχετιζόμενα με τη συντήρηση: Αστοχίες που προκύπτουν από ελλιπή ή λανθασμένη συντήρηση.
- Τροποποιήσεις σχεδιασμού: Κίνδυνοι από αλλαγές στον αρχικό σχεδιασμό ή από προσωρινές τεχνικές διευθετήσεις.

(Mcdonald, 2003)

2.2.2 Ασφάλεια στη βιομηχανία τροφίμων

Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας (ΠΟΥ) και την Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ, οι άνθρωποι έχουν το δικαίωμα να απαιτούν τα τρόφιμα που καταναλώνουν να είναι ασφαλή και κατάλληλα προς βρώση. Οι τροφογενείς ασθένειες και οι τραυματισμοί που σχετίζονται με τα τρόφιμα μπορεί να είναι σοβαροί ή μοιραίοι, ή να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία μακροπρόθεσμα. Επιπλέον, οι εξάρσεις τροφογενών νοσημάτων μπορούν να πλήξουν το εμπόριο και τον τουρισμό. Η αλλοίωση των τροφίμων είναι

σπάταλη, δαπανηρή, απειλεί την επισιτιστική ασφάλεια και μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς το εμπόριο και την εμπιστοσύνη των καταναλωτών. (WHO & FAO, 2023)

Οι επιχειρήσεις τροφίμων οφείλουν να γνωρίζουν και να κατανοούν τους κινδύνους που συνδέονται με τις δραστηριότητές τους, καθώς και τα μέτρα ελέγχου που απαιτούνται για τη διαχείρισή τους. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να αξιολογούν, χρησιμοποιώντας εξωτερικές πηγές όπου απαιτείται, εάν η εφαρμογή των ορθών πρακτικών υγιεινής από μόνη της επαρκεί για τη διαχείριση ορισμένων ή όλων των κινδύνων μέσω του ελέγχου των πηγών τους, όπως:

- Έλεγχος της ποιότητας του νερού: Ελαχιστοποιεί την παρουσία πολλών δυνητικών κινδύνων.
- Έλεγχος της κοπρανώδους μόλυνσης: Μειώνει την πιθανότητα επιμόλυνσης με πολλά τροφογενή παθογόνα, όπως η *Salmonella*, το *Campylobacter*, η *Yersinia* και παθογόνα στελέχη του *E. coli*.
- Έλεγχος των πρακτικών και της υγιεινής των χειριστών: Προλαμβάνει πολλές δυνητικές μεταδιδόμενες ασθένειες που θα μπορούσαν να είναι τροφογενείς.
- Έλεγχος των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα μέσω καθαρισμού: Απομακρύνει μικροβιακούς ρύπους, συμπεριλαμβανομένων των τροφογενών παθογόνων και των αλλεργιογόνων.

Οι κίνδυνοι που εμφανίζονται ή υπάρχουν σε επίπεδα τέτοια ώστε οι διαδικασίες των ορθών πρακτικών υγιεινής να μην επαρκούν για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων, θα πρέπει να αντιμετωπίζονται μέσω ενός κατάλληλου συνδυασμού μέτρων ελέγχου. Τα μέτρα αυτά πρέπει να είναι ικανά να προλαμβάνουν την εμφάνιση των κινδύνων ή να τους εξαλείφουν ή να τους μειώνουν σε ένα αποδεκτό επίπεδο. Τα εν λόγω μέτρα ελέγχου μπορούν να προσδιοριστούν σε ένα ή περισσότερα στάδια καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Στις περιπτώσεις όπου εντοπίζονται σημαντικοί κίνδυνοι οι οποίοι απαιτείται να ελεγχθούν μετά την εφαρμογή των ορθών πρακτικών υγιεινής, καθίσταται απαραίτητη η ανάπτυξη και εφαρμογή ενός συστήματος HACCP. (WHO & FAO, 2023)

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας και η οργάνωση τροφίμων και γεωργίας ορίζουν πως ανάλογα με τη φύση των δραστηριοτήτων και τους σχετικούς κινδύνους, οι χώροι, ο εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να χωροθετούνται, να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται με τρόπο που να διασφαλίζει ότι:

- η επιμόλυνση ελαχιστοποιείται.
- ο σχεδιασμός και η διαρρύθμιση επιτρέπουν την κατάλληλη συντήρηση, τον καθαρισμό και την απολύμανση, ενώ ελαχιστοποιούν την αερομεταφερόμενη επιμόλυνση.

- οι επιφάνειες και τα υλικά, ιδιαίτερα εκείνα που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, είναι μη τοξικά για τη χρήση για την οποία προορίζονται.
- όπου κρίνεται απαραίτητο, διατίθενται κατάλληλες εγκαταστάσεις για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και άλλων παραμέτρων.
- υπάρχει αποτελεσματική προστασία από την πρόσβαση και τη φωλεοποίηση επιβλαβών οργανισμών.
- υπάρχουν επαρκείς και κατάλληλες εγκαταστάσεις υγιεινής για το προσωπικό.

(WHO & FAO, 2023)

Για τις εσωτερικές δομές και τα εξαρτήματα αναφέρουν πως πρέπει να είναι γερά κατασκευασμένες από ανθεκτικά υλικά, τα οποία καθαρίζονται εύκολα και, όπου απαιτείται, απολυμαίνονται χωρίς δυσκολία. Πρέπει να αποτελούνται από μη τοξικά και αδρανή υλικά, κατάλληλα για τη χρήση και τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Συγκεκριμένα, πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Τοίχοι και δάπεδα: Οι επιφάνειές τους πρέπει να είναι από αδιαπέραστα υλικά, εύκολα στον καθαρισμό και την απολύμανση. Οι τοίχοι πρέπει να είναι λείοι μέχρι το κατάλληλο ύψος, ενώ τα δάπεδα πρέπει να επιτρέπουν την επαρκή αποστράγγιση των υδάτων.
- Οροφές και φωτιστικά: Πρέπει να είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η συσσώρευση ρύπων και υδρατμών, να μην αποκολλώνται σωματίδια και, όπου κρίνεται απαραίτητο, τα φωτιστικά να είναι άθραυστα (shatterproof).
- Παράθυρα και πόρτες: Τα παράθυρα πρέπει να καθαρίζονται εύκολα, να μην συσσωρεύουν βρωμιά και να διαθέτουν αφαιρούμενες σήτες για έντομα. Οι πόρτες πρέπει να έχουν λείες, μη απορροφητικές επιφάνειες.
- Επιφάνειες εργασίας: Εκείνες που έρχονται σε άμεση επαφή με τρόφιμα πρέπει να είναι σε άριστη κατάσταση, ανθεκτικές και κατασκευασμένες από λεία, μη απορροφητική ύλη, αδρανή προς τα τρόφιμα και τα απορρυπαντικά.

(WHO & FAO, 2023)

Εκτίμηση Μικροβιολογικού Κινδύνου (MRA)

Οι Membré και Boué, (2018) αναφέρουν πως η Εκτίμηση Μικροβιολογικού Κινδύνου (MRA) αποτελεί μια δομημένη διαδικασία για τον προσδιορισμό και τον χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας που συνδέεται με βιολογικούς παράγοντες στα τρόφιμα (Codex Alimentarius Commission, 1999). Σε βιομηχανικό πλαίσιο, ο όρος "κίνδυνος" μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευρύτερη έννοια, καλύπτοντας ζητήματα ασφάλειας, αλλά και ζητήματα ποιότητας των τροφίμων (καθώς η ποιότητα μπορεί να υποβαθμιστεί από μικροβιακή αλλοίωση).

Η συμπερίληψη της αλλοίωσης δίπλα στην ασφάλεια αναγνωρίζεται από τις αρχές ελέγχου τροφίμων, τουλάχιστον στην Ευρώπη: η Νομοθεσία για τα Τρόφιμα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2002) ορίζει ότι "τα τρόφιμα δεν πρέπει να διατίθενται στην αγορά εάν είναι μη ασφαλή", κάτι που περιλαμβάνει τρόφιμα "επιβλαβή για την υγεία" καθώς και "ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση". Με άλλα λόγια, ένα προϊόν μπορεί να θεωρηθεί μη αποδεκτό είτε λόγω παθογόνων βακτηρίων είτε λόγω βακτηρίων αλλοίωσης.

Οι Membré και Boué, (2018) δηλώνουν ακόμα πως στο πλαίσιο της επεξεργασίας τροφίμων, όπου προκύπτουν ζητήματα τόσο ασφάλειας όσο και ποιότητας, τα τέσσερα στάδια της MRA (Codex Alimentarius Commission, 1999) προσαρμόζονται ως εξής:

1. Προσδιορισμός επικινδυνότητας (Hazard identification): Περιλαμβάνει την αναγνώριση του μικροβιολογικού παράγοντα που ενδέχεται να υπάρχει σε ένα τρόφιμο και ο οποίος μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία (στην περίπτωση παθογόνων βακτηρίων) ή να καταστήσει το προϊόν μη βρώσιμο (στην περίπτωση βακτηρίων αλλοίωσης).
2. Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας (Hazard characterization): Αφορά την αξιολόγηση της φύσης των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία που συνδέονται με ένα παθογόνο βακτήριο (τύπος ασθένειας) ή των επιπτώσεων που σχετίζονται με ένα βακτήριο αλλοίωσης (τύπος ποιοτικού ελαττώματος του προϊόντος).
3. Εκτίμηση έκθεσης (Exposure assessment): Συνίσταται στην εκτίμηση της πιθανής πρόσληψης ενός παθογόνου βακτηρίου ή του πιθανού επιπέδου συγκέντρωσης ενός βακτηρίου αλλοίωσης στο τρόφιμο. Εξετάζει όλες τις μεταβολές από τις πρώτες ύλες μέχρι την κατανάλωση.
4. Χαρακτηρισμός κινδύνου (Risk characterization): Βασίζεται στα τρία προηγούμενα στάδια. Για τα παθογόνα βακτήρια, συνίσταται στην εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης και της σοβαρότητας των γνωστών ή δυνητικών επιπτώσεων στην υγεία ενός συγκεκριμένου πληθυσμού. Για τα βακτήρια αλλοίωσης, συνίσταται στην εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης αλλαγών στην ποιότητα του τροφίμου. (Membré & Boué, 2018)

HACCP

Οι Motarjemi και Warren, (2023) αναφέρουν πώς το σύστημα HACCP σχεδιάστηκε αρχικά από την εταιρεία Pillsbury, σε συνεργασία με τη NASA και τα εργαστήρια του αμερικανικού στρατού στο Natick. Ανέπτυξαν το σύστημα HACCP για να διασφαλίσουν την ασφάλεια των τροφίμων των αστροναυτών. Για πολλά χρόνια μετά τη σύλληψή του, το σύστημα προωθήθηκε από διεθνείς οργανισμούς, όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, και εφαρμόστηκε σε εθελοντική βάση σε ορισμένες βιομηχανίες τροφίμων. Μέχρι την εισαγωγή του συστήματος HACCP, το σύστημα διασφάλισης της ασφάλειας των τροφίμων ήταν αντιδραστικό. Βασιζόταν, δηλαδή, στην

εφαρμογή οδηγιών γνωστών ως κώδικες πρακτικής οι οποίες αναπτύσσονταν με βάση την εμπειρία και συνδυάζονταν με τον έλεγχο του τελικού προϊόντος. Αυτοί οι κώδικες έπρεπε να είναι αρκετά γενικοί ώστε να εφαρμόζονται σε ποικίλες συνθήκες παραγωγής και επεξεργασίας τροφίμων. Ως εκ τούτου, δεν μπορούσαν να λάβουν υπόψη κινδύνους που ήταν εξειδικευμένοι για ένα συγκεκριμένο προϊόν τροφίμου. Συνεπώς, υπήρχε η σαφής ανάγκη για ένα πιο αποτελεσματικό σύστημα διασφάλισης της ασφάλειας των τροφίμων, όπου οι πηγές κινδύνου και η επικινδυνότητα ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας θα εντοπίζονταν εγκαίρως, ενώ τα απαραίτητα μέτρα για τον έλεγχό τους θα καθορίζονταν και θα εφαρμόζονταν προληπτικά. Υπό αυτό το πρίσμα εισήχθη το σύστημα HACCP, προκειμένου να λειτουργήσει συμπληρωματικά προς την παραδοσιακή προσέγγιση και να ενισχύσει τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων.

Σύμφωνα με τους Motarjemi και Warren, (2023) τα οφέλη του συστήματος HACCP έγκεινται στο γεγονός ότι:

- Αποτελεί μια προληπτική προσέγγιση στη διαχείριση της ασφάλειας των τροφίμων. Αυτό σημαίνει ότι επιτρέπει τον εντοπισμό πιθανών και εύλογα αναμενόμενων κινδύνων, ακόμη και αν δεν έχουν εκδηλωθεί αστοχίες στο παρελθόν. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για νέες παραγωγικές δραστηριότητες.
- Είναι ευέλικτο, δηλαδή τα απαραίτητα μέτρα ελέγχου μπορούν να προσαρμοστούν σε αλλαγές των λειτουργιών, όπως τροποποιήσεις στον σχεδιασμό του εξοπλισμού, στις διαδικασίες επεξεργασίας ή στις τεχνολογικές εξελίξεις.
- Βοηθά στην κατεύθυνση των πόρων στα πιο κρίσιμα σημεία των τροφικών λειτουργιών.
- Είναι εφαρμόσιμο σε ολόκληρη την τροφική αλυσίδα, από την πρώτη ύλη έως το τελικό προϊόν.
- Υπερβαίνει πολλούς από τους περιορισμούς των παραδοσιακών προσεγγίσεων ελέγχου, οι οποίες βασίζονταν γενικά σε: στατικές επιθεωρήσεις οι οποίες είναι αναποτελεσματικές στην πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων και ελέγχους του τελικού προϊόντος, οι οποίοι συνεπάγονται υψηλό κόστος ανάλυσης και οδηγούν στον εντοπισμό προβλημάτων χωρίς την κατανόηση της γενεσιουργού αιτίας τους. (Motarjemi & Warren, 2023)

Όπως ορίζεται στις κατευθυντήριες γραμμές του Codex Alimentarius για το HACCP, το σύστημα αποτελείται από επτά αρχές. Αυτές είναι οι εξής:

1. Διεξαγωγή ανάλυσης κινδύνων (Hazard Analysis).
2. Προσδιορισμός των Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου (CCPs - Critical Control Points).
3. Καθορισμός κρίσιμων ορίων (Critical Limits).
4. Εγκαθίδρυση συστήματος παρακολούθησης για τον έλεγχο των κρίσιμων σημείων ελέγχου.

5. Καθορισμός των διορθωτικών ενεργειών που πρέπει να ληφθούν, όταν η παρακολούθηση υποδεικνύει ότι ένα συγκεκριμένο CCP βρίσκεται εκτός ελέγχου.
6. Καθορισμός διαδικασιών επαλήθευσης για την επιβεβαίωση ότι το σύστημα HACCP λειτουργεί αποτελεσματικά.
7. Καθορισμός συστήματος αρχειοθέτησης και τεκμηρίωσης για όλες τις διαδικασίες και τα αρχεία που αφορούν αυτές τις αρχές και την εφαρμογή τους.

3 Συγκριτική ανάλυση έρευνας.

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται και αναλύονται τα ευρήματα που προέκυψαν από την πρωτογενή έρευνα πεδίου, η οποία αποτέλεσε το κεντρικό εργαλείο για την διερεύνηση του θέματος. Η ανάλυση αυτή συνιστά το μεταβατικό στάδιο από το θεωρητικό υπόβαθρο και τη βιβλιογραφική επισκόπηση στην πρακτική αποτύπωση της πραγματικότητας, όπως αυτή διαμορφώνεται στις σύγχρονες παραγωγικές μονάδες.

Ο θεμελιώδης σκοπός της συγκεκριμένης ερευνητικής διαδικασίας είναι η διεξαγωγή μιας εις βάθος συγκριτικής μελέτης μεταξύ δύο εκ των πλέον απαιτητικών βιομηχανικών κλάδων: της βιομηχανίας χημικών προϊόντων και της βιομηχανίας τροφίμων. Μέσω της χρήσης δομημένων ερωτηματολογίων, τα οποία απευθύνθηκαν σε εξειδικευμένα στελέχη με εμπειρία στην ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων και των προϊόντων, συγκεκριμένα σε τεχνικούς ασφαλείας και υπεύθυνους ποιοτικού ελέγχου, επιχειρείται η συστηματική καταγραφή, ο εντοπισμός και η ερμηνεία των ομοιοτήτων αλλά και των ουσιαστικών διαφορών που παρουσιάζουν οι δύο αυτοί τομείς στη διαχείριση και αξιολόγηση των κινδύνων.

Η σύγκριση αυτή κρίνεται επιβεβλημένη, καθώς οι δύο μονάδες, αν και μοιράζονται κοινούς στόχους λειτουργικής αρτιότητας, διέπονται από διαφορετικές φιλοσοφίες ασφαλείας. Από τη μία πλευρά, η βιομηχανία χημικών επικεντρώνεται παραδοσιακά στην ασφάλεια των διεργασιών και την αποτροπή μεγάλων ατυχημάτων, ενώ από την άλλη η βιομηχανία τροφίμων δίνει πρωταρχική έμφαση στην υγιεινή και την ασφάλεια του τελικού προϊόντος για την προστασία του καταναλωτή.

Στο πλαίσιο αυτό, η έρευνα στοχεύει να απαντήσει σε κρίσιμα ερωτήματα:

- Ποιες μεθοδολογίες αξιολόγησης (π.χ. HAZOP, HACCP, FMEA) προτιμώνται σε κάθε περίπτωση;
- Πώς επηρεάζει το αυστηρό νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο τις τελικές αποφάσεις των στελεχών;
- Σε ποιο βαθμό οι θεωρητικές μέθοδοι ταυτίζονται με την καθημερινή πρακτική εντός των μονάδων;

Τα δεδομένα που ακολουθούν αναλύονται με στόχο να αναδείξουν εάν υπάρχει μια τάση σύγκλισης προς ενιαία πρότυπα διαχείρισης κινδύνου ή αν οι ιδιαιτερότητες της κάθε παραγωγικής διαδικασίας επιβάλλουν

διακριτές και αυτόνομες προσεγγίσεις. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ξεκινά με την περιγραφή των επαγγελματικών χαρακτηριστικών των δύο μονάδων, προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία και το κύρος των απαντήσεων που ελήφθησαν.

3.1 Μελέτη περίπτωσης σε βιομηχανικές μονάδες

Για τις ανάγκες της συγκριτικής μελέτης, επιλέχθηκαν δύο κορυφαίες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην ελληνική επικράτεια, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τους δύο υπό εξέταση κλάδους και διακρίνονται για τα αυστηρά τους πρωτόκολλα ασφάλειας και ποιότητας.

1. Κλάδος Χημικής Βιομηχανίας - Ecolab Hellas

Η Ecolab αποτελεί παγκόσμιο ηγέτη στην παροχή τεχνολογιών και υπηρεσιών νερού, υγιεινής και ενέργειας. Στην Ελλάδα, η παρουσία της συνδέεται άρρηκτα με την παραγωγή και διάθεση εξειδικευμένων χημικών προϊόντων για τον καθαρισμό και την απολύμανση σε βιομηχανικούς και υγειονομικούς χώρους. Η επικινδυνότητα στη συγκεκριμένη μονάδα σχετίζεται άμεσα με τη διαχείριση χημικών ουσιών, τις αντιδράσεις κατά την παραγωγική διαδικασία και την ανάγκη για αυστηρή συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα ασφάλειας των εργαζομένων και προστασίας του περιβάλλοντος. Η αξιολόγηση κινδύνου εδώ επικεντρώνεται στην πρόληψη διαρροών, την ασφάλεια των διεργασιών και τον έλεγχο των χημικών κινδύνων.

2. Κλάδος Βιομηχανίας Τροφίμων - Άλμη ABEE

Η εταιρεία Άλμη, με έδρα την Αλεξάνδρεια Ημαθίας, αποτελεί μια πρότυπη μονάδα επεξεργασίας και τυποποίησης αγροτικών προϊόντων, με έντονο εξαγωγικό προσανατολισμό. Η δραστηριότητά της εστιάζει στην παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας. Οι κρίσιμες παράμετροι αφορούν κυρίως τη διασφάλιση της υγιεινής των τροφίμων, τον έλεγχο των μικροβιολογικών και φυσικών κινδύνων και την αποφυγή επιμολύνσεων, με απώτερο σκοπό την απόλυτη ασφάλεια του καταναλωτή.

Στις παραγράφους που ακολουθούν, επιχειρείται μια σφαιρική παρουσίαση των υπό εξέταση εγκαταστάσεων, ξεκινώντας από τη θεμελίωση του εταιρικού τους προφίλ. Αρχικά, παρατίθενται κρίσιμα πληροφοριακά στοιχεία που αφορούν τη δήλωση εταιρικής πολιτικής και την κύρια δραστηριότητα των εταιρειών, στοιχεία που προσδιορίζουν το στρατηγικό πλαίσιο εντός του οποίου αναπτύσσονται οι λειτουργίες τους. Παράλληλα, αναλύονται οι βασικές εργασίες και οι επιμέρους φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας, ώστε να γίνει κατανοητή η πολυπλοκότητα του επιχειρησιακού τους έργου.

Στη συνέχεια, η ανάλυση εστιάζει στην περιγραφή της βιομηχανικής εγκατάστασης, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις τεχνικές και οργανωτικές παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με την υγιεινή και την ασφάλεια. Στόχος είναι η ανάδειξη των κρίσιμων στοιχείων του εργασιακού περιβάλλοντος που καθορίζουν το επίπεδο προστασίας των εργαζομένων.

Στο τελευταίο στάδιο της ανάλυσης παρουσιάζονται οι διαφορετικές θέσεις εργασίας, ενώ προσδιορίζονται με ακρίβεια οι δυνητικοί κίνδυνοι που ενδέχεται να εμφανιστούν για το προσωπικό κατά την εκτέλεση των καθηκόντων του.

3.1.1 Μελέτη σε μονάδα τροφίμων

Σύμφωνα με δηλώσεις στον εταιρικό ηλεκτρονικό ιστότοπο της Άλμης : “Στην ΑΛΜΗ ABEE, η ποιότητα δεν είναι απλώς μια απαίτηση της αγοράς — είναι βασικό στοιχείο της φιλοσοφίας μας. Από την επιλογή και την παραλαβή των πρώτων υλών έως την επεξεργασία, τη συσκευασία και τη διανομή, κάθε στάδιο παρακολουθείται, με στόχο τη μέγιστη ασφάλεια και σταθερότητα των προϊόντων μας.

Εφαρμόζουμε αυστηρά προγράμματα ποιοτικού ελέγχου, ιχνηλασιμότητας και υγιεινής, που καλύπτουν ολόκληρη την παραγωγική αλυσίδα. Μέσα από τακτικούς ελέγχους, δειγματοληψίες, εργαστηριακές αναλύσεις και επιθεωρήσεις, διασφαλίζουμε ότι κάθε προϊόν πληροί τις προδιαγραφές μας πριν φτάσει στον τελικό καταναλωτή. Οι διαδικασίες μας βασίζονται σε διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα ποιότητας και ασφάλειας τροφίμων.”

Η Άλμη ABEE ειδικεύεται στην παραγωγή μεγάλης ποικιλίας ορεκτικών με βάση τα λαχανικά της ελληνικής φύσης. Η εταιρεία διαθέτει πάνω από 300 διαφορετικά προϊόντα και 1.000 κωδικούς, με έντονη εξαγωγική δραστηριότητα.

Οι κύριες κατηγορίες προϊόντων που παράγει η Άλμη ABEE περιλαμβάνουν:

- Πιπεριές: Πρόκειται για το «σήμα κατατεθέν» της εταιρείας καθώς ξεκίνησε το 1996 με την παραγωγή Μακεδονικής πιπεριάς τουρσί. Σήμερα παράγει διάφορα είδη, όπως πιπεριές κεράσι, κόκκινες και πράσινες πικάντικες πιπεριές και πιπεράκια Μακεδονίας, πολλά από τα οποία είναι γεμιστά με κρέμα τυριών.
- Λοιπά Λαχανικά
- Πάστες: Παράγει εξειδικευμένες πάστες λαχανικών, όπως πάστα πικάντικης πιπεριάς με φέτα.

Οι εργασίες που πραγματοποιούνται είναι :

- Διαλογή, πλύσιμο και προετοιμασία λαχανικών.

- Ζύμωση και συντήρηση σε άλμη.
- Γέμιση πιπεριών με τυρί κρέμα.
- Συσκευασία.
- Τυποποίηση και παστερίωση.

3.1.1.1 Περιγραφή εγκατάστασης

Έπειτα από επίσκεψη στη μονάδα παρουσιάζεται η εγκατάσταση.

Κεντρικό κτήριο

Ο κεντρικός πυρήνας της βιομηχανικής εγκατάστασης είναι και όπου λαμβάνει χώρα η παραγωγή και επεξεργασία των προϊόντων. Χωρίζεται σε διακριτές και εξειδικευμένες λειτουργικές ζώνες, ώστε να διασφαλίζεται η μέγιστη αποδοτικότητα των παραγωγικών ροών. Στην είσοδο εδράζονται οι διοικητικές υπηρεσίες και το εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου, το οποίο είναι επιφορτισμένο με τη διαρκή ανάλυση και τη διασφάλιση του τελικού προϊόντος.

Στη συνέχεια, η παραγωγική δομή επεκτείνεται στο τμήμα κύριας επεξεργασίας, όπου γίνεται η επεξεργασία των τροφίμων και η προετοιμασία για τη συσκευασία τους. Ο χώρος αυτός γειτνιάζει άμεσα με τις γραμμές συσκευασίας και παλετοποίησης. Υπάρχουν ακόμα χώροι που γίνονται κάποιες άλλες παρασκευές τροφίμων όπως τυρί κρέμα και ψητά μανιτάρια. Εκτός από το κομμάτι της παραγωγής, υπάρχουν χώροι καθαρισμού εξοπλισμού όπου με ειδικά πλυντήρια καθαρίζουν και απολυμαίνουν τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούν για την μετακίνηση των τροφίμων κατά τη διάρκεια της παραγωγής όπως τροχήλατα βαγόνια και καλούπια. Το σύνολο των κτιριακών υποδομών της μονάδας υποστηρίζεται από ένα άρτιο σύστημα φυσικού και τεχνητού φωτισμού, το οποίο έχει μελετηθεί διεξοδικά για την πλήρη κάλυψη των αναγκών των εκτελούμενων διεργασιών, εξασφαλίζοντας βέλτιστες συνθήκες ορατότητας και ασφάλειας. Οι έξοδοι κινδύνου παραμένουν διαρκώς ελεύθερες από εμπόδια, διασφαλίζοντας την ταχεία και απρόσκοπτη εκκένωση της εγκατάστασης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Εντός της μονάδας εφαρμόζεται ένα πρωτόκολλο προειδοποιητικής σήμανσης, το οποίο περιλαμβάνει τόσο ενδείξεις κινδύνου όσο και σαφείς οδηγίες για την επιβεβλημένη χρήση των μέσων ατομικής προστασίας. Στο πλαίσιο της προστασίας του τελικού προϊόντος, καθίσταται υποχρεωτική η χρήση κατάλληλης ενδυμασίας και ρουχισμού, όπως ποδιές, μάσκες και σκούφοι για το σύνολο του προσωπικού και των επισκεπτών.

Μηχανοκίνητα παλετοφόρα

Σε ολόκληρη την εγκατάσταση κινούνται μηχανοκίνητα παλετοφόρα είτε με έτοιμα προϊόντα ή με πρώτες ύλες, για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εργατικού ατυχήματος εφαρμόζεται πλήρης λειτουργικός διαχωρισμός των ζωνών κυκλοφορίας μέσω του καθορισμού διακριτών διαδρομών για την κίνηση των πεζών και την κυκλοφορία των μηχανοκίνητων παλετοφόρων.

Δίκτυο πεπιεσμένου αέρα

Στο κεντρικό κτήριο και στο μηχανουργείο υπάρχει δίκτυο πεπιεσμένου αέρα για τη λειτουργία των μηχανημάτων και διάφορες άλλες εφαρμογές. Η πίεση στο δίκτυο κυμαίνεται από 8 έως και 10 ατμόσφαιρες και η τροφοδοσία του γίνεται από κεντρικό αεροσυμπιεστή. Ο αεροσυμπιεστής και το δίκτυο ελέγχονται τακτικά από εξωτερικό συνεργείο.

Είσοδοι υγιεινής

Στις κρίσιμες εισόδους της παραγωγής υπάρχουν σταθμοί καθαρισμού και απολύμανσης υποδημάτων και χεριών με υποχρεωτική διέλευση για το προσωπικό και τους επισκέπτες.

Κίνδυνοι στην εγκατάσταση

Οι κίνδυνοι για το προσωπικό σύμφωνα με τις αναφορές του εργοστασίου είναι οι παρακάτω :

- Ολισθηρότητα και πτώσεις. - Λόγω της συνεχούς χρήσης νερού και άλμης για το πλύσιμο και τη συντήρηση των λαχανικών, τα δάπεδα είναι συχνά υγρά.
- Χημικά εγκαύματα και ερεθισμοί. - Η παρασκευή της άλμης απαιτεί συμπυκνωμένα οργανικά οξέα, ενώ οι καθημερινές απολυμάνσεις των γραμμών παραγωγής με συστήματα CIP (Clean-In-Place) περιλαμβάνουν καυστικά καθαριστικά.
- Εργονομική καταπόνηση. - Η χειρωνακτική διαλογή, ο καθαρισμός και κυρίως, το γέμισμα των λαχανικών με κρέμα τυριού απαιτούν επαναλαμβανόμενες κινήσεις των χεριών και πολύωρη ορθοστασία.
- Μηχανικοί κίνδυνοι. - Οι μηχανές πλυσίματος, οι γεμιστικές μηχανές, τα multi-needle injectors και οι ταινίες μεταφοράς ενέχουν κίνδυνο παγίδευσης ρούχων ή τραυματισμού των άνω άκρων.
- Θερμικά εγκαύματα. - Στο στάδιο της παστερίωσης των βάζων χρησιμοποιείται θερμότητα δημιουργώντας κίνδυνο εγκαυμάτων κατά την επαφή.

Αντίστοιχα οι κίνδυνοι που παρουσιάζονται για το τελικό προϊόν είναι οι :

- Βιολογικοί κίνδυνοι. - Παθογόνοι μικροοργανισμοί.
- Χημικοί κίνδυνοι. - Πιθανότητα υπολειμμάτων από χημικά καθαρισμού στις γραμμές παραγωγής ή λανθασμένης δόσης συντηρητικών/οξέων κατά την παρασκευή της άλμης.
- Αλλεργιογόνα. - Η χρήση τυροκομικών προϊόντων για τη γέμιση απαιτεί αυστηρό διαχωρισμό από γραμμές που διαχειρίζονται μόνο λαχανικά, ώστε να αποφευχθεί η επιμόλυνση.
- Φυσικοί κίνδυνοι. - Κίνδυνος να βρεθούν στο τελικό προϊόν κουκούτσια, κοτσάνια, σωματίδια από σπασμένα πλαστικά τελάρα, ή μεταλλικά ρινίσματα από τη φθορά των μηχανημάτων.

Μέθοδοι εκτίμησης κινδύνου στην εγκατάσταση και περιορισμοί.

Η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου βασίζεται κυρίως στην αυστηρή εφαρμογή του συστήματος HACCP για την ασφάλεια των προϊόντων και στη χρήση δομημένων λιστών ελέγχου για την καθημερινή παρακολούθηση της παραγωγής. Αν και αυτές οι μέθοδοι είναι απαραίτητες για τη συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα, στην πράξη εμφανίζουν συγκεκριμένους περιορισμούς καθώς έχουν έναν σχετικά στατικό χαρακτήρα που δυσκολεύεται να ακολουθήσει τους έντονους ρυθμούς της βιομηχανίας.

Αρχικά, η παραγωγή βασίζεται σε αγροτικά προϊόντα, γεγονός που σημαίνει ότι η επιχείρηση είναι εκτεθειμένη σε υψηλή εποχικότητα και συνεχή μεταβλητότητα των πρώτων υλών. Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με το μικροβιακό φορτίο ή τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων αλλάζουν από παρτίδα σε παρτίδα ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες κάτι που οι τυπικές λίστες ελέγχου δεν μπορούν πάντα να προβλέψουν σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, κατά τις περιόδους αιχμής της συγκομιδής, η μονάδα στελεχώνεται από μεγάλο αριθμό εποχικών εργαζομένων. Η συνεχής αυτή εναλλαγή προσωπικού εισάγει αυξημένες πιθανότητες ανθρώπινου σφάλματος λόγω έλλειψης εξοικείωσης, έναν παράγοντα που το HACCP δυσκολεύεται να ποσοτικοποιήσει με ακρίβεια.

Τέλος, η ίδια η δομή της παραγωγής παρουσιάζει μια υβριδική πολυπλοκότητα καθώς συνυπάρχει η λεπτή χειροκίνητη εργασία με αυτοματοποιημένες γραμμές υψηλής τεχνολογίας για την παστερίωση και τη συσκευασία. Αυτός ο συνδυασμός δημιουργεί ένα περίπλοκο πλέγμα βιολογικών, χημικών αλλά και μηχανικών κινδύνων. Επειδή οι παραδοσιακές μέθοδοι βασίζονται συχνά στην υποκειμενική κρίση της ομάδας ασφαλείας, υπάρχει ο κίνδυνος να υποτιμηθούν «κρυφές» απειλές, όπως τα εργονομικά προβλήματα των εργαζομένων, περιορίζοντας την χρησιμότητα των μεθόδων να λειτουργήσουν πραγματικά προληπτικά.

3.1.2 Μελέτη σε μονάδα χημικών

Η Ecolab Hellas, ως αναπόσπαστο τμήμα ενός παγκόσμιου ηγέτη στις τεχνολογίες νερού, υγιεινής και πρόληψης λοιμώξεων, ενσωματώνει στη λειτουργία της μια αυστηρή φιλοσοφία ασφάλειας που υπερβαίνει τα

συμβατικά όρια της βιομηχανικής παραγωγής. Η διοίκηση της εταιρείας δεσμεύεται εγγράφως για την τήρηση ενός πλαισίου αρχών που θέτει ως απόλυτη προτεραιότητα την προστασία του ανθρώπινου δυναμικού, των εγκαταστάσεων και του φυσικού περιβάλλοντος. Η στρατηγική αυτή βασίζεται στην πλήρη εναρμόνιση με το αυστηρό εθνικό και ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο, με ιδιαίτερη έμφαση στις απαιτήσεις για τη διαχείριση επικίνδυνων χημικών ουσιών, τη σήμανση και την ασφαλή αποθήκευση, διασφαλίζοντας ότι κάθε στάδιο της δραστηριότητάς της διέπεται από τις υψηλότερες προδιαγραφές ασφάλειας.

Κεντρικό πυλώνα της εταιρικής πολιτικής αποτελεί η Ασφάλεια Διεργασιών, η οποία στοχεύει στην πρόληψη ατυχημάτων μεγάλης κλίμακας μέσω της διαρκούς αναγνώρισης και αξιολόγησης των χημικών και λειτουργικών κινδύνων. Η Ecolab εφαρμόζει εξελιγμένα συστήματα διαχείρισης που επιτρέπουν τον εντοπισμό δυνητικών αστοχιών πριν αυτές εξελιχθούν σε επικίνδυνα συμβάντα, όπως διαρροές ή ανεξέλεγκτες χημικές αντιδράσεις. Η δέσμευση αυτή υποστηρίζεται από συνεχή επένδυση σε τεχνολογίες αιχμής και αυτοματισμούς, οι οποίοι μειώνουν την έκθεση του προσωπικού σε επικίνδυνους παράγοντες και ενισχύουν την αξιοπιστία των παραγωγικών μονάδων.

Η καλλιέργεια μιας προηγμένης κουλτούρας ασφάλειας επιτυγχάνεται μέσα από τη διαρκή εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση των εργαζομένων. Κάθε μέλος του προσωπικού συμμετέχει σε εξειδικευμένα προγράμματα κατάρτισης που αφορούν την ορθή χρήση των μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ), τη διαχείριση κρίσεων και τις διαδικασίες έκτακτης ανάγκης. Επιπλέον, η Ecolab δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στη συνεχή βελτίωση των περιβαλλοντικών της επιδόσεων, συνδέοντας την ασφάλεια με τη βιωσιμότητα. Μέσα από τακτικές επιθεωρήσεις και τη χρήση δεικτών απόδοσης, η εταιρεία ανασκοπεί τις διαδικασίες της και εφαρμόζει διορθωτικές ενέργειες, διασφαλίζοντας ότι η παραγωγή χημικών λύσεων καθαρισμού και απολύμανσης πραγματοποιείται με τη μέγιστη δυνατή υπευθυνότητα απέναντι στην κοινωνία και το περιβάλλον.

Συγκεκριμένα όπως αναφέρει η εταιρική πολιτική ασφαλείας της εταιρίας : “Η Ecolab δεσμεύεται για την αριστεία στις πρακτικές και στις επιδόσεις που αφορούν την ασφάλεια, την υγεία και το περιβάλλον (SHE). Η παρούσα δήλωση θέσης αποσκοπεί στο να περιγράψει τη δέσμευση και την ευθύνη μας για την παροχή ενός ασφαλούς και υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων των ασφαλών λειτουργιών και των περιβαλλοντικών προστασιών για τις κοινότητες στις οποίες δραστηριοποιούμαστε.

Πεδίο

Εφαρμογής

Η παρούσα δήλωση θέσης εφαρμόζεται στις παγκόσμιες δραστηριότητές μας και περιλαμβάνει όλους τους συνεργάτες, τους εργολάβους και τους επισκέπτες μας.

Θέση

Η Ecolab δεσμεύεται να εφαρμόζει τις ακόλουθες αρχές σε όλες τις παγκόσμιες δραστηριότητές της:

Πρόγραμμα

- Εφαρμογή μιας προληπτικής διαδικασίας επίσημης και προσωπικής αξιολόγησης κινδύνου για τον εντοπισμό επικίνδυνων παραγόντων, την αξιολόγηση των συστημάτων ελέγχου και την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων για τη βελτίωση των συστημάτων.
- Διαχείριση όλων των κινδύνων SHE και των κινδύνων ασφαλείας μέσω μιας ιεραρχίας ελέγχων, με τη συμμετοχή των εργαζομένων και σε συνεργασία με προμηθευτές, πελάτες, τις κοινότητες στις οποίες δραστηριοποιούμαστε και άλλους βασικούς ενδιαφερόμενους φορείς.
- Σχεδιασμός διαδικασιών και συστημάτων που καλύπτουν όλες τις λειτουργίες υπό τον έλεγχό μας, οι οποίες είναι εναρμονισμένες με τις βέλτιστες βιομηχανικές πρακτικές και τα διεθνή πρότυπα, με σκοπό τη μείωση των προσωπικών τραυματισμών, της κακής υγείας, των συμβάντων με οχήματα, των περιστατικών ασφάλειας διεργασιών, των περιβαλλοντικών διαρροών και άλλων συνθηκών με πιθανότητα πρόκλησης βλάβης.
- Εκπαίδευση των εργαζομένων ώστε να εργάζονται με ασφάλεια και να προλαμβάνουν τραυματισμούς στους ίδιους και σε άλλους, με βάση την αξιολόγηση των κινδύνων που αφορούν συγκεκριμένες λειτουργίες, τους ισχύοντες κανονισμούς και τις εργασιακές ευθύνες των εργαζομένων.
- Διασφάλιση ότι τα περιστατικά διερευνώνται μέσω συστηματικών διαδικασιών, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα για την προώθηση της βελτίωσης.
- Διενέργεια της κατάλληλης δέουσας επιμέλειας πριν από την απόκτηση ή το κλείσιμο λειτουργικών εγκαταστάσεων, ώστε να διασφαλίζεται η συμμόρφωση με τους ισχύοντες περιβαλλοντικούς νόμους και κανονισμούς.
- Συνεχής βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων διαχείρισης SHE μέσω προγραμμάτων ελέγχου.
- Διασφάλιση ότι οι εργολάβοι ευθυγραμμίζονται με τα ελάχιστα πρότυπά μας και συνεκτίμηση των επιδόσεων SHE στις διαδικασίες επιλογής προμηθειών μας.

Προσωπικό

- Ενδυνάμωση κάθε μέλους της ομάδας μας ώστε να είναι υπεύθυνο για την ασφάλεια, την υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος.

- Επίδειξη μιας ισχυρής κουλτούρας ασφάλειας, η οποία χαρακτηρίζεται από τη δέσμευση της ηγεσίας και την ενεργό συμμετοχή των εργαζομένων, με την πεποίθηση ότι όλα τα περιστατικά μπορούν να προληφθούν και ότι η εργασία με ασφαλή τρόπο αποτελεί προϋπόθεση για την απασχόληση.
- Εξουσιοδότηση της ομάδας μας να διακόπτει την εργασία (Stop Work Authority) όταν οι συνθήκες ή οι συμπεριφορές είναι μη ασφαλείς, επανεκκινώντας τη λειτουργία μόνο όταν οι κίνδυνοι έχουν ελαχιστοποιηθεί.
- Προώθηση της άμεσης αναφοράς περιστατικών, μη ασφαλών συμπεριφορών και μη ασφαλών συνθηκών, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Κώδικα Δεοντολογίας μας, και διασφάλιση προσβάσιμων συστημάτων για ανοικτή υποβολή αναφορών.
- Διασφάλιση ότι οι εργαζόμενοι και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς προστατεύονται από αντίποινα σε περίπτωση αναφοράς ζητημάτων SHE καλή τη πίστει, σε πλήρη ευθυγράμμιση με τον Παγκόσμιο Κώδικα Δεοντολογίας μας.

Δείκτες / Δημόσια Αναφορά (Metrics / Public Reporting)

- Ανάπτυξη και επίτευξη χρονικά προσδιορισμένων στόχων και σκοπών που σχετίζονται με την ασφάλεια, την υγεία και το περιβάλλον (SHE).
- Διασφάλιση της διαφάνειας κατά τη δημόσια αναφορά των δεικτών και της προόδου.

Ευθύνη

Η Επιτροπή SHE του Διοικητικού Συμβουλίου της Ecolab φέρει το υψηλότερο επίπεδο ευθύνης για όλα τα ζητήματα που αφορούν την Ασφάλεια, την Υγεία και το Περιβάλλον. Εφαρμόζουμε και διαχειριζόμαστε τις πολιτικές και τις θέσεις SHE μέσω συστημάτων διαχείρισης στις εγκαταστάσεις μας, του Εκτελεστικού Συμβουλίου Ηγεσίας για την Ασφάλεια (Executive Safety Leadership Council) και των Συμβουλίων Ηγεσίας για την Ασφάλεια της Αγοράς.

Συμμόρφωση

Η Ecolab δεσμεύεται για τη συμμόρφωση με όλες τις νομικές, κανονιστικές και πελατιακές απαιτήσεις, καθώς και άλλες προδιαγραφές που εφαρμόζονται στις δραστηριότητες και τις λειτουργίες της.”

3.1.2.1 Περιγραφή εγκατάστασης

Μετά από επίσκεψη στη μονάδα, παρουσιάζεται συνοπτικά η εγκατάσταση.

Κύριος χώρος

Ο κεντρικός πυρήνας της βιομηχανικής εγκατάστασης, εντός του οποίου διεκπεραιώνεται το κύριο μέρος των παραγωγικών λειτουργιών, χωρίζεται σε διαφορετικές λειτουργικές ζώνες. Αυτές περιλαμβάνουν τον χώρο υποδοχής, όπου στεγάζονται το εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου και οι διοικητικές υπηρεσίες. Ακολουθεί το τμήμα παραγωγής στο οποίο γίνεται η ανάμειξη των πρώτων υλών, ενώ παράλληλα υφίστανται ειδικά διαμορφωμένοι αποθηκευτικοί χώροι για τη διατήρηση των εν λόγω υλών. Η παραγωγική διαδικασία ολοκληρώνεται σε δύο εξειδικευμένες γραμμές συσκευασίας: η πρώτη είναι προσαρμοσμένη για την πλήρωση δεξαμενών χωρητικότητας ενός τόνου και βαρελιών διακοσίων λίτρων, ενώ η δεύτερη εξυπηρετεί τη συσκευασία για κάνιστρα των πέντε και των είκοσι λίτρων.

Το σύνολο των κτιριακών εγκαταστάσεων υποστηρίζεται από ένα άρτιο σύστημα τεχνητού φωτισμού, το οποίο έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την πλήρη κάλυψη των αναγκών των εκτελούμενων διεργασιών και τη διασφάλιση βέλτιστων συνθηκών ορατότητας. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στη διατήρηση της λειτουργικότητας των οδεύσεων διαφυγής και των διαδρόμων έκτακτης εκκένωσης, οι οποίοι παραμένουν ανά πάσα στιγμή ελεύθεροι από αντικείμενα ή εμπόδια, ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη και ταχεία εκκένωση του χώρου σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης.

Παράλληλα, εντός της μονάδας εφαρμόζεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα προειδοποιητικής σήμανσης, το οποίο περιλαμβάνει ενδείξεις κινδύνου καθώς και υποχρεωτικές οδηγίες για τη χρήση των προβλεπόμενων μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ). Στο πλαίσιο των κανόνων ασφαλείας και υγείας, καθίσταται καθολική η υποχρέωση χρήσης ρουχισμού υψηλής διακριτότητας για όλο το προσωπικό και τους επισκέπτες που εισέρχονται στον χώρο. Στο πλαίσιο των τεχνικών μέτρων προστασίας, έχει υιοθετηθεί ο πλήρης διαχωρισμός των εσωτερικών ροών του εργοστασίου. Η συγκεκριμένη διάταξη εξασφαλίζει ανεξάρτητες τροχιές μετακίνησης για τους πεζούς εργαζόμενους και τα μηχανοκίνητα μέσα μεταφοράς, περιορίζοντας δραστικά το ρίσκο σύγκρουσης.

Δίκτυο εξαερισμού

Το δίκτυο εξαερισμού εξετάζεται ως το βασικότερο συλλογικό μέτρο προστασίας έναντι της εισπνοής τοξικών ή ερεθιστικών ουσιών. Η σωστή διαστασιολόγηση και η συνεχής συντήρηση του συστήματος, τόσο του γενικού εξαερισμού όσο και των τοπικών απαγωγών πάνω από τις δεξαμενές ανάμειξης, είναι καθοριστικής σημασίας. Οποιαδήποτε δυσλειτουργία ή αστοχία του δικτύου αυτού μπορεί να οδηγήσει σε άμεση υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα και στη δημιουργία εκρηκτικής ή τοξικής ατμόσφαιρας, καθιστώντας το σύστημα εξαερισμού ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία ελέγχου στη μελέτη εκτίμησης κινδύνου της μονάδας.

Δεξαμενές ανάμειξης

Στις δεξαμενές ανάμειξης εντοπίζονται σύνθετοι κίνδυνοι, όπως η πιθανότητα λανθασμένης ανάμειξης ασύμβατων χημικών, η έκλυση τοξικών αναθυμιάσεων κατά την τροφοδοσία των πρώτων υλών, καθώς και μηχανικοί κίνδυνοι από τα κινούμενα μέρη των αναδευτήρων. Για τον περιορισμό αυτών των απειλών, οι δεξαμενές εξετάζονται στη μελέτη εκτίμησης κινδύνου τόσο ως προς την κατασκευαστική τους αρτιότητα όσο και ως προς τα ενσωματωμένα συστήματα αυτόματου ελέγχου που διακόπτουν τη λειτουργία τους σε περίπτωση σφάλματος.

Κίνδυνοι στην εγκατάσταση

Σύμφωνα με τις αναφορές της μονάδας οι κυριότεροι κίνδυνοι που προκύπτουν είναι οι παρακάτω :

- Χημικοί κίνδυνοι - Εγκαύματα και διαβρώσεις, εισπνοή τοξικών αναθυμιάσεων, μη ελεγχόμενες χημικές αντιδράσεις.
- Κίνδυνος πυρκαγιάς ή έκρηξης - Εύφλεκτα υγρά και διαλύτες.
- Μηχανικοί κίνδυνοι - Μηχανολογικός εξοπλισμός.
- Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι - Ρύπανση υδροφόρου ορίζοντα και εδάφους.

Μέθοδοι εκτίμησης κινδύνου στην εγκατάσταση και περιορισμοί.

Η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου βασίζεται στη συνδυαστική χρήση της μελέτης HAZOP για τις χημικές διεργασίες, της ανάλυσης What-If για την εξέταση εναλλακτικών σεναρίων αστοχίας καθώς και δομημένων λιστών ελέγχου για την καθημερινή επιθεώρηση των υποδομών. Παρουσιάζονται παρόλα αυτά κάποιοι περιορισμοί λόγω της υψηλής πολυπλοκότητας της μονάδας.

Αρχικά η διαχείριση εκατοντάδων διαφορετικών χημικών πρώτων υλών καθιστά εξαιρετικά δύσκολη τη μονάδα μέτρησης αλυσιδωτών αντιδράσεων σε περίπτωση ταυτόχρονης διαρροής ασύμβατων υλικών καθώς οι αναλύσεις συχνά εξετάζουν τις ουσίες μεμονωμένα. Επιπλέον, κρίσιμες αλλά «αόρατες» απειλές, όπως οι μικροδιαρροές τοξικών ατμών ή η σταδιακή μη εμφανής πτώση της πίεσης απαγωγής στο δίκτυο εξαερισμού, είναι δύσκολο να καταγραφούν σε πραγματικό χρόνο από τις στατικές λίστες ελέγχου πριν από την προγραμματισμένη συντήρηση.

Την ίδια στιγμή, οι αυτοματισμοί και τα συστήματα ασφαλείας στις δεξαμενές ανάμειξης μπορεί να οδηγήσουν σε έναν περιορισμό εφησυχασμού κατά την ανάλυση HAZOP, υποτιμώντας την πιθανότητα μιας ταυτόχρονης ψηφιακής ή ηλεκτρολογικής αποτυχίας. Τέλος, η συνεχής συνεργασία με εξωτερικούς οδηγούς και

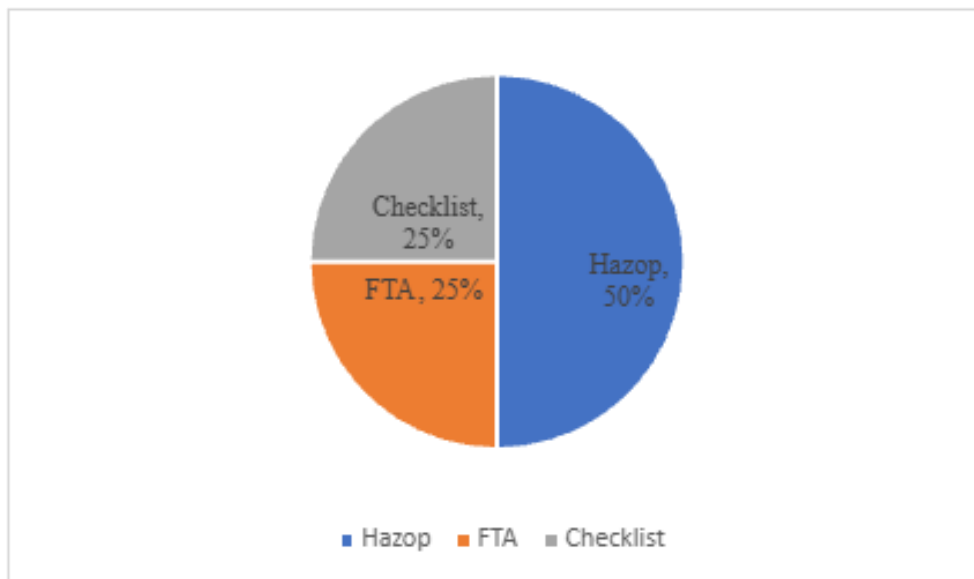
συνεργάτες στις αποβάθρες φόρτωσης εισάγει έναν αστάθμητο ανθρώπινο παράγοντα που δεν ανήκει στην κουλτούρα ασφάλειας του οργανισμού, με αποτέλεσμα η ανάλυση What-If να δυσκολεύεται να προβλέψει το πλήρες εύρος της ανθρώπινης συμπεριφοράς εγκλωβίζοντας ενίοτε την εκτίμηση κινδύνου σε μια τυπική διαδικασία γραφειοκρατικής συμμόρφωσης.

4. Δεδομένα μονάδων

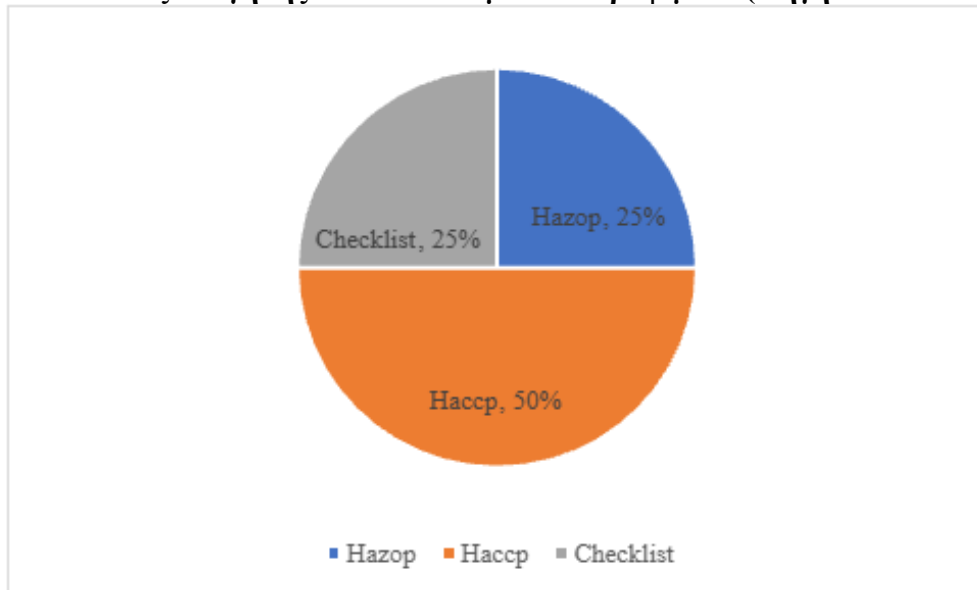
Για τη συλλογή των πρωτογενών δεδομένων από τις δύο υπό εξέταση μονάδες, διανεμήθηκε κοινό ερευνητικό ερωτηματολόγιο σε έμπειρους τεχνικούς ασφαλείας και υπευθύνους ποιοτικού ελέγχου με σκοπό τη διενέργεια συγκριτικής ανάλυσης. Τα συγκεντρωτικά δεδομένα και οι αποκρινόμενες τιμές της έρευνας αποτυπώνονται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Οι πρώτοι πίνακες αποσκοπούν στην παρουσίαση των μεθόδων αξιολόγησης κινδύνου που χρησιμοποιούνται από το προσωπικό των δύο μονάδων.

Πίνακας 6. Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου σε μονάδα χημικών. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως)



Πίνακας 7. Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου σε μονάδα τροφίμων. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως)

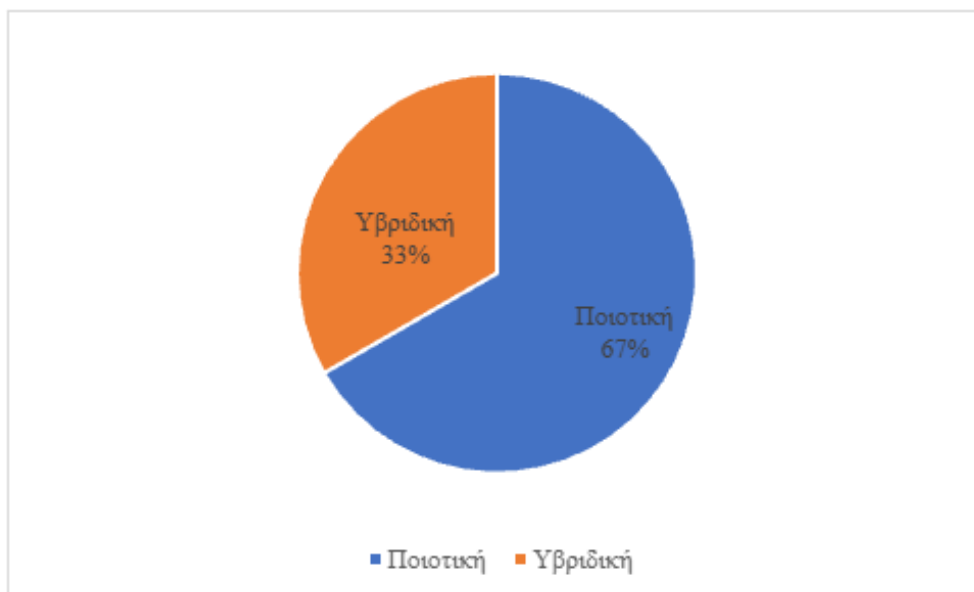


Αντιστοίχως, οι επόμενοι πίνακες εστιάζουν στον προσδιορισμό της κατηγορίας και του είδους της ανάλυσης για καθεμία από τις δύο μονάδες.

Πίνακας 8. Κατηγορία ανάλυσης στη μονάδα χημικών. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως)

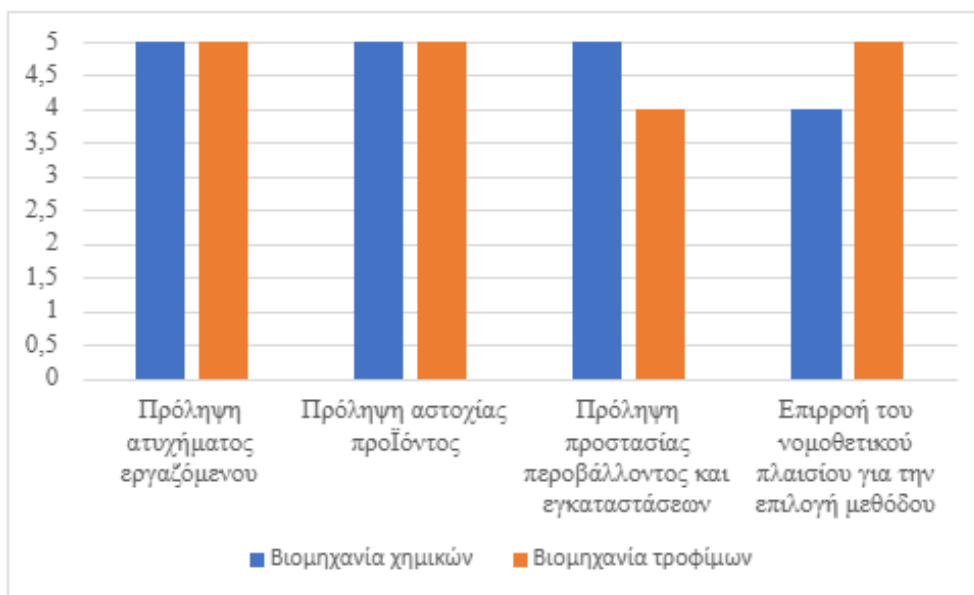


Πίνακας 9. Κατηγορία ανάλυσης στη μονάδα χημικών. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως)



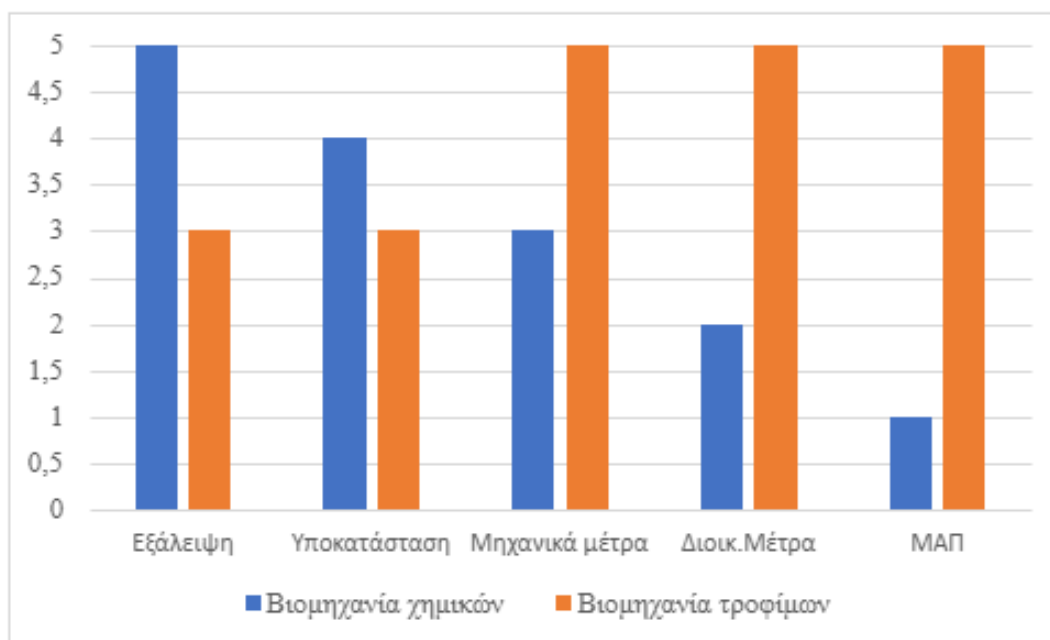
Ακολούθως, εξετάζεται συνδυαστικά και συγκριτικά ο βαθμός στον οποίο η κουλτούρα πρόληψης και οι κανονιστικές ρυθμίσεις του νομοθετικού πλαισίου επηρεάζουν και καθορίζουν την επιλογή των μεθοδολογιών στις δύο μονάδες.

Πίνακας 10. Επιρροές από πρόληψη ατυχημάτων και νομοθετικό πλαίσιο. (Πηγή : Εκ του συγγραφέως)



Τέλος, παρουσιάζονται οι πίνακες που αποτυπώνουν τα μέτρα ελέγχου, ολοκληρώνοντας τη συγκριτική επισκόπηση μεταξύ των δύο μονάδων

Πίνακας 11. Μέτρα ελέγχου (Πηγή : Εκ του συγγραφέως)



5. Συμπεράσματα

Η συγκριτική μελέτη της βιομηχανίας τροφίμων «Άλμη ABEE» και της χημικής βιομηχανίας «Ecolab» επιτρέπει την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων σχετικά με το πώς το αντικείμενο δραστηριότητας, οι πρώτες

ύλες και οι υποδομές μιας επιχείρησης καθορίζουν τη στρατηγική της γύρω από την ασφάλεια. Παρά το γεγονός ότι και οι δύο οργανισμοί αποτελούν σύγχρονες παραγωγικές μονάδες με αυστηρά πρότυπα λειτουργίας, η προσέγγισή τους στην αναγνώριση, ανάλυση και διαχείριση των κινδύνων παρουσιάζει τόσο θεμελιώδεις ομοιότητες όσο και δομικές διαφορές.

Σύγκριση μεθοδολογικών εργαλείων και πεδίου εστίασης

Η πρώτη και πιο εμφανής διαφορά εντοπίζεται στο πεδίο εστίασης της κύριας μεθοδολογίας τους. Στην «Άλμη ABEE», ο άξονας γύρω από τον οποίο περιστρέφεται η εκτίμηση κινδύνου είναι η διασφάλιση της ποιότητας και της υγιεινής του τελικού προϊόντος, με βασικό εργαλείο το σύστημα HACCP. Η μέθοδος αυτή αναζητά κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCPs) με σκοπό την προστασία του καταναλωτή από βιολογικές, χημικές ή φυσικές επιμολύνσεις στα τρόφιμα.

Αντίθετα, στην «Ecolab», η μεθοδολογία μετατοπίζεται από την ασφάλεια του προϊόντος στην ασφάλεια της ίδιας της βιομηχανικής διεργασίας. Με εργαλεία όπως η μελέτη HAZOP και η ανάλυση What-If, η Ecolab δεν εστιάζει τόσο στην ποιότητα του χημικού ως προς τον τελικό χρήστη, αλλά στην αποτροπή καταστροφικών συμβάντων εντός της εγκατάστασης, όπως εκρήξεις, πυρκαγιές, βίαιες εξώθερμες αντιδράσεις στις δεξαμενές ανάμειξης ή μαζικές διαρροές τοξικών ουσιών που μπορούν να απειλήσουν τους εργαζόμενους και το περιβάλλον.

Η φύση και η δυναμική των απειλών

Οι περιορισμοί των μεθόδων κάθε εταιρείας πηγάζουν από διαφορετικούς παράγοντες. Στην Άλμη, η απειλή είναι εξαιρετικά δυναμική και συνδέεται με τη φύση των αγροτικών προϊόντων. Η υψηλή εποχικότητα και η φυσική μεταβλητότητα των πρώτων υλών όπως διακυμάνσεις στο μικροβιακό φορτίο ή στα υπολείμματα φυτοφαρμάκων ανάλογα με τον καιρό, απαιτούν μια ευέλικτη προσέγγιση, την οποία το σχετικά στατικό HACCP δυσκολεύεται να παρακολουθήσει σε πραγματικό χρόνο.

Στην Ecolab, η πολυπλοκότητα δεν είναι εποχική αλλά τεχνική. Σχετίζεται με τη διαχείριση εκατοντάδων χημικών ενώσεων και την ανάγκη πρόβλεψης αλυσιδωτών αντιδράσεων (domino effects). Ενώ το HACCP στην Άλμη εξετάζει γραμμικά τη ροή του τρόφιμου, το HAZOP στην Ecolab πρέπει να αναλύσει ένα πολυδιάστατο πλέγμα μεταβλητών όπως πίεση, θερμοκρασία, παροχή και συμβατότητα υλικών, καθιστώντας την εκτίμηση κινδύνου μια πολύ πιο σύνθετη μαθηματική και μηχανολογική διαδικασία.

Επίπεδο αυτοματοποίησης και ο παράγοντας του εφησυχασμού

Μια άλλη σημαντική διαφοροποίηση αφορά τη σχέση μεταξύ τεχνολογικού εξοπλισμού και ανθρώπινης παρέμβασης. Στην Άλμη, ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής, όπως η διαλογή ή το γέμισμα των λαχανικών, βασίζεται στη χειροκίνητη εργασία, γεγονός που κρατά τους εργαζόμενους σε συνεχή επαφή με το προϊόν, δημιουργώντας εργονομικούς κινδύνους που συχνά παραλείπονται από τις τυπικές λίστες ελέγχου.

Στην Ecolab, οι κρίσιμες φάσεις στις δεξαμενές ανάμειξης και στο δίκτυο εξαερισμού ελέγχονται από εξελιγμένα ψηφιακά συστήματα αυτοματισμού. Αυτή η υψηλή τεχνολογική θωράκιση, ωστόσο, εισάγει έναν εγγενή περιορισμό στις μελέτες ασφαλείας: τον κίνδυνο του εφησυχασμού. Η ομάδα εκτίμησης τείνει να θεωρεί ορισμένα σενάρια ατυχημάτων αδύνατα λόγω των αυτοματισμών, υποτιμώντας την πιθανότητα μιας ταυτόχρονης ηλεκτρολογικής ή ψηφιακής αποτυχίας του λογισμικού ελέγχου.

Σημαντικές ομοιότητες στη διαχείριση και τους περιορισμούς

Παρά τις παραπάνω διαφορές, οι δύο μονάδες συγκλίνουν σε τρία βασικά σημεία:

Η κοινή χρήση λιστών ελέγχου: και οι δύο βιομηχανίες χρησιμοποιούν τις λίστες ελέγχου ως τη γραμμή άμυνας της καθημερινότητας. Είτε πρόκειται για τον έλεγχο θερμοκρασίας ενός ψυγείου στην Άλμη είτε για τον έλεγχο στεγανότητας μιας βαλβίδας στην Ecolab, οι λίστες αυτές αποτελούν το κοινό πρακτικό εργαλείο των χειριστών.

Η πρόκληση του ανθρώπινου σφάλματος: ο ανθρώπινος παράγοντας παραμένει ο πιο δύσκολα προβλέψιμος κίνδυνος και για τις δύο. Στην Άλμη εκδηλώνεται μέσω της έντονης εναλλαγής ανειδίκευτου εποχικού προσωπικού που στερείται βαθιάς εκπαίδευσης. Στην Ecolab εκδηλώνεται στη διεπαφή με τρίτους, όπως οι εξωτερικοί οδηγοί ADR, οι οποίοι κινούνται στις αποβάθρες φόρτωσης χωρίς να είναι ενταγμένοι στην εσωτερική κουλτούρα ασφάλειας της εταιρείας.

Ο στατικός και γραφειοκρατικός χαρακτήρας: Και στις δύο περιπτώσεις, υπάρχει η κοινή τάση οι μελέτες εκτίμησης να αντιμετωπίζονται ως στατικά έγγραφα που αναθεωρούνται περιοδικά κυρίως για λόγους γραφειοκρατικής συμμόρφωσης με τους εξωτερικούς ελεγκτές, διεθνή πρότυπα για την Άλμη και εταιρικά πρότυπα και νομοθεσία για την Ecolab, περιορίζοντας την ικανότητά τους να λειτουργήσουν ως ζωντανά, προληπτικά εργαλεία.

Μεθοδολογία Εκτίμησης Κινδύνου

Η συγκριτική εξέταση των δύο παραγωγικών μονάδων αναδεικνύει μια θεμελιώδη απόκλιση στα εργαλεία αξιολόγησης κινδύνου, με την Ecolab να επικεντρώνεται σε ποιοτικές αναλύσεις και την Άλμη να υιοθετεί κατά κύριο λόγο ποσοτικές μεθοδολογίες. Στην πρώτη περίπτωση, η πολυπλοκότητα των δυνητικών συμβάντων όπως

χημικές αντιδράσεις, διαρροές και εκρήξεις, επιβάλλει τη χρήση σεναρίων όπως οι μέθοδοι HAZOP και What-If, όπου η τεχνογνωσία και η υποκειμενική κρίση των στελεχών διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο. Στον αντίποδα, η παραγωγή τροφίμων ευνοεί τη στατιστική και ποσοτικοποιημένη καταγραφή, δεδομένου ότι οι βιολογικοί ή φυσικοί κίνδυνοι είναι επαναλαμβανόμενοι και μετρήσιμοι, επιτρέποντας τη διαρκή επιτήρησή τους μέσω των κρίσιμων σημείων ελέγχου.

Ιεράρχηση και είδος μέτρων ελέγχου

Όσον αφορά την εφαρμογή των μέτρων ελέγχου, παρατηρείται σημαντική απόκλιση στη στρατηγική των δύο μονάδων, καθώς η μονάδα χημικών εφαρμόζει μια πλήρη και ορθή ιεράρχηση κινδύνου, σε αντίθεση με τη μονάδα τροφίμων που εστιάζει κυρίως σε μηχανικά και διοικητικά μέτρα. Συγκεκριμένα, η διαχείριση στην Ecolab εκκινεί από την κορυφή της ιεραρχικής πυραμίδας με την εξάλειψη και την υποκατάσταση των επικίνδυνων ουσιών, προχωρά στα μηχανικά και διοικητικά μέτρα, και καταλήγει στη χρήση μέσων ατομικής προστασίας, ελαχιστοποιώντας έτσι τον κίνδυνο απευθείας στην πηγή του. Αντιθέτως, η φιλοσοφία ασφαλείας στην Άλμη βασίζεται κατά κύριο λόγο σε μηχανικούς ελέγχους, καθώς οι αυτοματοποιημένες γραμμές παραγωγής και συσκευασίας επιβάλλουν τη χρήση φυσικών φραγμών, κλειστών συστημάτων και αυτοματισμών, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα εξάλειψης ή την ανάγκη εκτεταμένων διοικητικών διαδικασιών σε σχέση με τη χημική βιομηχανία.

Μελλοντική έρευνα

Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς και τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης, μελλοντικές έρευνες προτείνεται να εστιάσουν σε μια ευρύτερη δειγματοληψία με τη συμμετοχή μεγαλύτερου αριθμού βιομηχανικών μονάδων από διαφορετικά παραγωγικά αντικείμενα. Μια τέτοια διεύρυνση θα επέτρεπε τη διεξαγωγή ασφαλέστερων στατιστικών συγκρίσεων και την ανάδειξη κοινών προτύπων διαχείρισης. Παράλληλα, κρίνεται ωφέλιμη η περαιτέρω μελέτη των υβριδικών μεθόδων εκτίμησης κινδύνου, που συνδυάζουν ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά, ώστε να διαπιστωθεί αν η εφαρμογή τους μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ των διαφορετικών βιομηχανικών απαιτήσεων, βελτιώνοντας συνολικά την κουλτούρα ασφάλειας.

Βιβλιογραφία

Alli, B.O. (2008). Fundamental Principles of Occupational Health and Safety – Second edition. International Labour Office.

Marhavilas, P.K., Koulouriotis, D., Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification, and comparative study of the scientific literature of the period 2000 – 2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24, 477-523.

Papkalla, U., Collison, J. (2017). International minimum requirements for health protection at the workplace. World Health Organization.

Országh, E., Monteiro, C.D.M., Pires, S.M., Jóźwiak, Á., Marette, S., Membré, J.M., Feliciano, R.J. (2024). Holistic risk assessments of food systems, *Global Food Security*, 43, 100802.

Kokangul, A., Polat, U., Dagsuyu, C. (2017). A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies, *Safety Science*, 91, 24-32.

Reniers, G.L.L., Dullaert, W., Ale, B.J.M., Soudan, K. (2005). Developing an external domino accident prevention framework: Hazwim., *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18, 127–138.

Khan, I.F., Abbasi, S.A. (1997). Mathematical model for HAZOP study time estimation, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 10, 249-257.

Marhavilas, P.K., Koulouriotis, D. (2008). A risk estimation methodological framework using quantitative assessment techniques and real accidents' data: application in an aluminum extrusion industry, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21, 596-603.

Trucco, P., Cavallin, M. (2006). A quantitative approach to clinical risk assessment: The CREA method., *Safety Science*, 44, 491-513.

Marhavilas, P.K., Filippidis, M., Koulinas, G.K., Koulouriotis, D.E. (2019). The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical-hierarchy process for identifying critical control-points and prioritizing risks in industry – A case study, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 62, 103981.

Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.

Aminbakhsh, S., Gunduz, M., Sonmez, R. (2013). Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. *Journal of Safety Research*, 46, 99-105.

Membré, J.M., Boué, G. (2018). Quantitative microbiological risk assessment in food industry: Theory and practical application, *Food Research International*, 106, 1132-1139.

Motarjemi, Y., Warren, B.R. (2023). *Food Safety Management – Second edition*. Academic Press.

Mcdonald, D., (2003). *Practical Industrial Safety, Risk Assessment and Shutdown Systems*. Newnes.

FAO and WHO, (2023). *General Principles of Food Hygiene*. Codex Alimentarius Code of Practice, No.CXC 1-1969. Codex Alimentarius Commission. Rome.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1

Ερωτηματολόγιο προς τους ειδικούς περί την Υγιεινή και Ασφάλεια

Κλάδος απασχόλησης

Βιομηχανία Χημικών ☐

Βιομηχανία Τροφίμων ☐

Ρόλος στη μονάδα

Τεχνικός Ασφαλείας ☐

Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου ☐

Production Manager / Άλλο ☐

Ποιες μεθόδους χρησιμοποιείτε συχνότερα για την αξιολόγηση κινδύνου ;

HAZOP (Hazard and Operability Study) ☐

HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) ☐

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ☐

FTA (Fault Tree Analysis) ☐

Checklists / Brainstorming ☐

Τι είδους ανάλυση κυριαρχεί στη μονάδα σας;

Ποιοτική ☐

Ποσοτική ☐

Υβριδική ☐

Βαθμολογήστε τη σημασία της πρόληψης ατυχήματος εργαζομένου κατά την αξιολόγηση κινδύνου (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Βαθμολογήστε τη σημασία της πρόληψη επιμόλυνσης/αστοχίας προϊόντος κατά την αξιολόγηση κινδύνου (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Βαθμολογήστε τη σημασία της προστασίας περιβάλλοντος και εγκαταστάσεων κατά την αξιολόγηση κινδύνου (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Πόσο επηρεάζει το νομοθετικό πλαίσιο την επιλογή της μεθόδου; (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Βαθμολογήστε τη σημασία της εξάλειψης σαν μέτρο ελέγχου. (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Βαθμολογήστε τη σημασία της υποκατάστασης σαν μέτρο ελέγχου. (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Βαθμολογήστε τη σημασία των μηχανικών ελέγχων σαν μέτρο ελέγχου. (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Βαθμολογήστε τη σημασία των διοικητικών ελέγχων σαν μέτρο ελέγχου. (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Βαθμολογήστε τη σημασία των ΜΑΠ (μέτρων ατομικής προστασίας) σαν μέτρο ελέγχου. (1: Καθόλου - 5: Πολύ):

Ποιος είναι ο μεγαλύτερος περιορισμός που αντιμετωπίζετε;