



ΠΜΣ: Διαχείριση Τεχνικών Έργων (ΔΧΤ)

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Μοντέλα Εκτίμησης Κινδύνων Υγείας και Ασφάλειας της
Εργασίας σε Εργοτάξια με Εφαρμογή σε Σενάριο Πτώσης από
Ύψος»

Παναγιώτης Τζούρος

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος Ευαγγελινός

Πάτρα, 2026



Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Παναγιώτης
Τζούρος



*Μοντέλα Εκτίμησης Κινδύνων Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας
σε Εργοτάξια με Εφαρμογή σε Σενάριο Πτώσης από Ύψος*



ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

«Μοντέλα Εκτίμησης Κινδύνων Υγείας και Ασφάλειας της
Εργασίας σε Εργοτάξια με Εφαρμογή σε Σενάριο Πτώσης από
Ύψος»

Παναγιώτης Τζούρος

Επιτροπή Επίβλεψης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ευαγγελινός Κωνσταντίνος

Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Πολύζος Σεραφείμ

Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Πάτρα, 2026



«Ευχαριστίες»

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή μου για την καθοδήγηση, την επιστημονική υποστήριξη και τις ουσιαστικές παρατηρήσεις του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης την οικογένειά μου για τη διαρκή στήριξη, την υπομονή και την ενθάρρυνση που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών και της συγγραφικής προσπάθειας.

Τέλος, ευχαριστώ όλους όσους, με οποιονδήποτε τρόπο, συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Παναγιώτης Τζούρος

Αφιερώνω αυτή τη διπλωματική εργασία στον αδελφό μου, ο οποίος, μέσα από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει ως Άτομο με Αναπηρία (ΑμεΑ), μου έχει διδάξει τη σημασία της δύναμης, της επιμονής και της άνευ όρων αγάπης. Η παρουσία του στη ζωή μου αποτελεί διαρκή υπενθύμιση ότι τα όρια υπάρχουν μόνο για να ξεπερνιούνται.



Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάζει τα μοντέλα εκτίμησης κινδύνων Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας σε εργοτάξια, με εφαρμογή σε σενάριο πτώσης από ύψος. Αντικείμενο της μελέτης αποτελεί η συγκριτική αξιολόγηση τεσσάρων ευρέως χρησιμοποιούμενων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου, της Risk Matrix, της Fine-Kinney, του Bow-Tie και της Fault Tree Analysis, με στόχο να διερευνηθεί η συμβολή τους στην αναγνώριση, στην ανάλυση και στην πρόληψη σοβαρών εργατικών ατυχημάτων στον κατασκευαστικό τομέα.

Η εργασία στηρίζεται σε βιβλιογραφική και εφαρμοσμένη αναλυτική προσέγγιση. Αρχικά, εξετάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας στις κατασκευές, με έμφαση στους βασικούς επαγγελματικούς κινδύνους, στους παράγοντες ανθρώπινου σφάλματος και στις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες των εργατικών ατυχημάτων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί των επιλεγμένων μοντέλων. Στο εφαρμοσμένο μέρος της εργασίας αναπτύσσεται μελέτη περίπτωσης πτώσης από ύψος σε εργοτάξιο, στην οποία τα τέσσερα μοντέλα εφαρμόζονται στο ίδιο σενάριο, ώστε να καταστεί δυνατή η συγκριτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων τους.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι όλα τα μοντέλα συγκλίνουν στην ανάδειξη της πτώσης από ύψος ως ιδιαίτερα κρίσιμου κινδύνου, επιβεβαιώνοντας τη σοβαρότητα του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος στον κατασκευαστικό κλάδο. Παράλληλα, αναδεικνύεται ότι κάθε μοντέλο προσφέρει διαφορετικό επίπεδο πληροφορίας. Η Risk Matrix και η Fine-Kinney είναι περισσότερο λειτουργικές ως προς την άμεση ιεράρχηση των κινδύνων, ενώ τα μοντέλα Bow-Tie και Fault Tree Analysis επιτρέπουν βαθύτερη κατανόηση των αιτιωδών αλληλουχιών, των φραγμών πρόληψης και των οργανωτικών αδυναμιών. Συμπερασματικά, προκύπτει ότι η αποτελεσματικότερη προσέγγιση για την εκτίμηση κινδύνων σε εργοτάξια δεν στηρίζεται αποκλειστικά σε ένα μόνο εργαλείο, αλλά στον συνδυασμό διαφορετικών μοντέλων, ώστε να ενισχύεται τόσο η ακρίβεια της αξιολόγησης όσο και η πρακτική χρησιμότητα των προτεινόμενων παρεμβάσεων πρόληψης.

Λέξεις - Κλειδιά

Εκτίμηση κινδύνου, Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας, εργοτάξια, πτώση από ύψος, Fine-Kinney, Bow-Tie.



«Occupational Health and Safety Risk Assessment Models on Construction Sites with Application to a Fall from Height Scenario»

Panagiotis Tzouros

Abstract

This postgraduate thesis examines the models for assessing Occupational Health and Safety risks in construction sites, with application to a fall from a height scenario. The object of the study is the comparative evaluation of four widely used risk assessment models, Risk Matrix, Fine-Kinney, Bow-Tie and Fault Tree Analysis, with the aim of investigating their contribution to the identification, analysis and prevention of serious occupational accidents in the construction sector.

The work is based on a bibliographic and applied analytical approach. Initially, the theoretical framework of Occupational Health and Safety in construction is examined, with emphasis on the main occupational hazards, human error factors and the socio-economic consequences of occupational accidents. Subsequently, the main characteristics, advantages and limitations of the selected models are presented. In the applied part of the work, a case study of a fall from a height on a construction site is developed, in which the four models are applied to the same scenario, in order to enable a comparative assessment of their results. The results of the study show that all models converge in highlighting the fall from a height as a particularly critical risk, confirming the seriousness of this specific type of accident in the construction industry. At the same time, it is shown that each model offers a different level of information. The Risk Matrix and the Fine-Kinney are more functional in terms of the direct prioritization of risks, while the Bow-Tie and Fault Tree Analysis models allow a deeper understanding of causal sequences, prevention barriers and organizational weaknesses. In conclusion, it follows that the most effective approach to assessing risks on construction sites is not based exclusively on a single tool, but on the combination of different models, in order to enhance both the accuracy of the assessment and the practical utility of the proposed prevention interventions.



Keywords

Risk assessment, Occupational Health and Safety, construction sites, fall from height, Fine-Kinney, Bow-Tie.



Περιεχόμενα

«Ευχαριστίες»	1
Περίληψη.....	2
Λέξεις - Κλειδιά	2
Abstract	3
Keywords	4
Περιεχόμενα	5
Κατάλογος πινάκων / σχημάτων	7
1. Κεφάλαιο: Εισαγωγή.....	8
1.1 Αντικείμενο της μελέτης	8
1.2 Στόχοι και ερευνητικά ερωτήματα.....	9
1.3 Μεθοδολογική προσέγγιση	10
1.4 Δομή της εργασίας	11
2. Κεφάλαιο: Θεωρητικό Υπόβαθρο και Επισκόπηση Βιβλιογραφίας.....	14
2.1 Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας στον κατασκευαστικό κλάδο	14
2.2 Επαγγελματικοί κίνδυνοι σε εργοτάξια και παράγοντες ανθρώπινου σφάλματος.....	17
2.3 Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις εργατικών ατυχημάτων στον κατασκευαστικό τομέα.....	21
2.4 Διεθνή μοντέλα εκτίμησης κινδύνου: Χαρακτηριστικά και περιορισμοί	25
2.5 Συγκριτική επισκόπηση βιβλιογραφίας και ερευνητικά κενά.....	29
3. Κεφάλαιο: Ερευνητική Μεθοδολογία.....	34
3.1 Σχεδιασμός της έρευνας.....	34
3.2 Επιλογή και τεκμηρίωση μοντέλων εκτίμησης κινδύνου	36
3.3 Διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων.....	38
3.4 Εργαλεία και πίνακες αξιολόγησης.....	40
3.5 Παραδοχές και περιορισμοί της έρευνας	41
4. Κεφάλαιο: Μελέτη Περίπτωσης: Πτώση από Ύψος σε Εργοτάξιο.....	44
4.1 Σκοπός και λογική της μελέτης περίπτωσης.....	44
4.2 Περιγραφή του έργου και του εργασιακού περιβάλλοντος	47
4.3 Περιγραφή του σεναρίου πτώσης από ύψος	51
4.4 Αναγνώριση και ανάλυση κινδύνων	55
4.5 Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης κινδύνου	57
4.6 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων	66
5. Κεφάλαιο: Κοινωνικοοικονομική Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	69
5.1 Σύνδεση των ευρημάτων της μελέτης περίπτωσης με τη θεωρία και τη σύγχρονη βιβλιογραφία της ΥΑΕ.....	69
5.2 Κοινωνικές και εργασιακές διαστάσεις των ευρημάτων	73
5.3 Επιπτώσεις των ατυχημάτων και των προληπτικών μέτρων στην παραγωγικότητα και στην οικονομική βιωσιμότητα του έργου	77
5.4 Κόστος μη πρόληψης και οφέλη από την επένδυση στην πρόληψη.....	81
5.5 Ενσωμάτωση των ευρημάτων σε στρατηγικές ΥΑΕ, βιωσιμότητας και δείκτες ESG.....	85
6. Κεφάλαιο: Συμπεράσματα	90
6.1 Συνοπτική αποτίμηση των βασικών ευρημάτων της έρευνας.....	90
6.2 Συγκριτική αποτίμηση των μοντέλων και συμβολή τους στην εκτίμηση κινδύνου... ..	92



6.3	Προτάσεις για την πρακτική αξιοποίηση των ευρημάτων από μηχανικούς και υπευθύνους ΥΑΕ.....	94
6.4	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	96
6.5	Τελική σύνθεση.....	98
	Βιβλιογραφία.....	99



Κατάλογος πινάκων / σχημάτων

Πίνακας 2.1: Βασικές διαστάσεις της ΥΑΕ στον κατασκευαστικό κλάδο.....	16
Πίνακας 2.2: Κύριες κατηγορίες επαγγελματικών κινδύνων σε εργοτάξια κατασκευών...	18
Πίνακας 2.3: Βασικές κατηγορίες κόστους εργατικών ατυχημάτων.....	22
Πίνακας 2.4: Κύρια χαρακτηριστικά διεθνών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στον κατασκευαστικό τομέα.....	29
Πίνακας 2.5: Ενδεικτική σύγκριση κατηγοριών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στις κατασκευές.....	32
Πίνακας 4.1: Βασικά χαρακτηριστικά του έργου και συσχέτιση με κίνδυνο πτώσης.....	47
Πίνακας 4.2: Περιβαλλοντικές και οργανωσιακές συνθήκες που σχετίζονται με πτώση από ύψος σε εργοτάξια.....	51
Πίνακας 4.3: Διάκριση άμεσων και υποκείμενων παραγόντων κινδύνου στο σενάριο πτώσης από ύψος.....	55
Πίνακας 4.4: Ενδεικτική ταξινόμηση κινδύνων πτώσης από ύψος στο εργοτάξιο.....	57
Πίνακας 4.5: Ποιοτική εκτίμηση κινδύνου πτώσης από ύψος με Risk Matrix.....	59
Πίνακας 4.6: Υπολογισμός δείκτη κινδύνου Fine–Kinney για πτώση από ύψος.....	61
Πίνακας 4.7: Ανάλυση Bow-Tie για σενάριο πτώσης από ύψος σε εργοτάξιο.....	63
Πίνακας 4.8: Απλουστευμένο Fault Tree για πτώση από ύψος.....	65
Πίνακας 4.9: Συγκριτική αποτίμηση μοντέλων εκτίμησης κινδύνου πτώσης από ύψος....	68
Πίνακας 5.1: Σύνδεση ευρημάτων της μελέτης περίπτωσης με τη θεωρία και τη βιβλιογραφία της ΥΑΕ.....	72
Πίνακας 5.2: Κοινωνικές και εργασιακές προεκτάσεις των βασικών ευρημάτων της μελέτης περίπτωσης.....	75
Πίνακας 5.3: Ενδεικτικές επιδράσεις ατυχήματος πτώσης από ύψος στην απόδοση και στη βιωσιμότητα του έργου.....	78
Πίνακας 5.4: Βασικές κατηγορίες κόστους μη πρόληψης και οφέλη από την επένδυση στην πρόληψη.....	81
Πίνακας 5.5: Ενσωμάτωση ευρημάτων εκτίμησης κινδύνου σε στρατηγικές ΥΑΕ, βιωσιμότητας και ESG.....	88
Σχήμα 2.1: Σχέση θερμικής καταπόνησης – τραυματισμών – οικονομικού κόστους.....	24
Σχήμα 4.1: Λογική και δομή της μελέτης περίπτωσης πτώσης από ύψος.....	46
Σχήμα 4.2: Λογική αλληλουχία του υποθετικού συμβάντος πτώσης από ύψος.....	53



1. Κεφάλαιο: Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της μελέτης

Η Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας (ΥΑΕ) στον κατασκευαστικό τομέα αποτελεί διεθνώς ένα από τα πλέον κρίσιμα πεδία της εφαρμοσμένης επιστήμης της πρόληψης. Ο κλάδος των κατασκευών χαρακτηρίζεται από μεταβαλλόμενα εργασιακά περιβάλλοντα, υψηλή επιχειρησιακή πολυπλοκότητα και συνεχή αλληλεπίδραση ανθρώπων, εξοπλισμού και υλικών. Οι παράγοντες αυτοί καθιστούν τον κλάδο έναν από τους πιο επικίνδυνους σε επίπεδο συχνότητας και σοβαρότητας εργατικών ατυχημάτων. Σύμφωνα με συστηματικές ανασκοπήσεις, τα εργοτάξια εμφανίζουν σταθερά υψηλά ποσοστά τραυματισμών, με τις πτώσεις από ύψος να αποτελούν μία από τις κυριότερες αιτίες θανατηφόρων και μη θανατηφόρων ατυχημάτων (Khan et al., 2023). Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνονται και από πρόσφατες έρευνες που δείχνουν ότι οι πτώσεις από ύψος παραμένουν διαχρονικά ένας από τους σοβαρότερους κινδύνους ανεξάρτητα από το επίπεδο τεχνολογικής ωρίμανσης ή τα μέτρα πρόληψης που υιοθετούνται (Tanvi Newaz et al., 2022).

Το αντικείμενο της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, όπως καθορίζεται ρητά στο Αρχικό Υπόμνημα και στο ακαδημαϊκό πλαίσιο της ΜΔΕ, αφορά την εκτίμηση και διαχείριση κινδύνων ΥΑΕ στα εργοτάξια μέσω της συγκριτικής εφαρμογής τεσσάρων διεθνώς αναγνωρισμένων μοντέλων: Risk Matrix, Fine-Kinney, Bow-Tie και Fault Tree Analysis (FTA). Η επιλογή των συγκεκριμένων μοντέλων βασίζεται τόσο στη συχνή εφαρμογή τους στη διεθνή πρακτική όσο και στη δυνατότητά τους να προσφέρουν διαφορετικού τύπου πληροφορία για τους υποκείμενους κινδύνους (Liu et al., 2023).

Η Risk Matrix αποτελεί μία από τις απλούστερες μεθόδους αξιολόγησης, όμως έχει δεχθεί σημαντική κριτική για ζητήματα ακρίβειας και ασυνέπειας (Cox, 2008). Η μέθοδος Fine-Kinney αντιπροσωπεύει μια πιο αναλυτική ημιποσοτική προσέγγιση, προσφέροντας μεγαλύτερη διακριτοποίηση των παραμέτρων κινδύνου (Li et al., 2024). Το μοντέλο Bow-Tie διαθέτει ισχυρή θεωρητική βάση για την ανάλυση αιτίων και συνεπειών, ενσωματώνοντας προληπτικούς και κατασταλτικούς φραγμούς. Τέλος, η FTA επιτρέπει τη διερεύνηση συνδυαστικών γεγονότων και αιτιοκρατικών αλληλουχιών, αποτελώντας μία από τις πλέον καθιερωμένες προσεγγίσεις συστημικής ανάλυσης κινδύνου (L. Wang et al., 2025).



Η παρούσα έρευνα εστιάζει σε ένα υποθετικό αλλά ρεαλιστικό σενάριο πτώσης από ύψος, προκειμένου να μελετηθεί σε βάθος ο τρόπος με τον οποίο τα τέσσερα μοντέλα αποτιμούν τον ίδιο κίνδυνο υπό διαφορετικές παραδοχές και μεθοδολογικές λογικές. Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος δικαιολογείται από τη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία αναδεικνύει τις πτώσεις ως έναν από τους σοβαρότερους κινδύνους, ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με εργασία σε σκαλωσιές, στέγες ή ασταθή προσωρινά δάπεδα (Cheng et al., 2025). Επιπλέον, η πρόσφατη ερευνητική παραγωγή σε θέματα ψηφιακών και έξυπνων συστημάτων για την ανίχνευση και πρόληψη πτώσεων υπογραμμίζει τη σημασία της ολοκληρωμένης ανάλυσης κινδύνου ώστε να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα των νέων τεχνολογιών (Hu et al., 2025).

Συνεπώς, το αντικείμενο της μελέτης είναι διττό: αφενός η εις βάθος εφαρμογή και αξιολόγηση των τεσσάρων μεθόδων εκτίμησης κινδύνου και αφετέρου η διερεύνηση της καταλληλότητάς τους για την πρόληψη ατυχημάτων πτώσης από ύψος στο σύγχρονο εργοταξιακό περιβάλλον. Το επιστημονικό αυτό πλαίσιο ευθυγραμμίζεται πλήρως με το θεματικό πεδίο της ΜΔΕ, όπως ορίζεται στο επίσημο έγγραφο προόδου και στη δομή της εργασίας

1.2 Στόχοι και ερευνητικά ερωτήματα

Ο κεντρικός στόχος της εργασίας είναι η συγκριτική αξιολόγηση τεσσάρων διεθνώς αναγνωρισμένων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου ως προς την ικανότητά τους να αποδώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα σε ένα σενάριο πτώσης από ύψος. Στοιχείει επίσης στην ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και των αδυναμιών κάθε μοντέλου, προκειμένου να προταθεί ένα πιο ολοκληρωμένο και εφαρμόσιμο πλαίσιο εκτίμησης κινδύνου για εργοτάξια. Η αναγκαιότητα αυτής της συγκριτικής προσέγγισης τεκμηριώνεται στη βιβλιογραφία, η οποία αναφέρει ότι τα περισσότερα μοντέλα αξιολόγησης χρησιμοποιούνται αποσπασματικά χωρίς συστηματική σύγκριση της αποτελεσματικότητάς τους σε πραγματικές συνθήκες (Chen et al., 2022; Mohandes & Zhang, 2021).

Ο βασικός σκοπός της μελέτης, όπως διατυπώνεται στο επίσημο υπόμνημα της ΜΔΕ, είναι να εξεταστεί πώς τα τέσσερα μοντέλα αποδίδουν όταν εφαρμόζονται στο ίδιο σενάριο κινδύνου και να διερευνηθεί ποιο από αυτά παρέχει πιο συνεκτική, αξιόπιστη και χρήσιμη πληροφορία για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικά εργοτάξια.

Με βάση αυτόν τον σκοπό, τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας διατυπώνονται ως εξής:



1. Πώς αξιολογείται ο κίνδυνος πτώσης από ύψος μέσω της μεθόδου Risk Matrix και ποια είναι τα βασικά πλεονεκτήματα και περιορισμοί της σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους.
2. Ποια είναι τα αποτελέσματα της ημιποσοτικής εκτίμησης κινδύνου μέσω της μεθόδου Fine–Kinney και σε ποιο βαθμό διαφοροποιούνται από την κλασική Risk Matrix.
3. Πώς αποτυπώνει το μοντέλο Bow–Tie τα αίτια, τους φραγμούς και τις συνέπειες του κινδύνου πτώσης από ύψος και πώς συμβάλλει στη συστηματική ανάλυση του μηχανισμού του ατυχήματος.
4. Πώς αναλύεται ο ίδιος κίνδυνος μέσω της Fault Tree Analysis και ποια κρίσιμα λογικά μονοπάτια αναδεικνύονται από την ανάλυση.
5. Ποια είναι τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και οι αδυναμίες κάθε μοντέλου όταν εφαρμόζονται στο ίδιο σενάριο πτώσης από ύψος.
6. Ποιο μοντέλο ή ποιος συνδυασμός μοντέλων μπορεί να θεωρηθεί ως το πλέον αποτελεσματικό εργαλείο εκτίμησης κινδύνου για την πρόληψη πτώσεων στον κατασκευαστικό κλάδο.

1.3 Μεθοδολογική προσέγγιση

Η μεθοδολογική προσέγγιση της εργασίας βασίζεται στη συγκριτική εφαρμογή τεσσάρων μεθόδων εκτίμησης κινδύνου σε ένα ενιαίο σενάριο πτώσης από ύψος. Η επιλογή αυτής της μεθοδολογίας τεκμηριώνεται τόσο από τη βιβλιογραφία όσο και από τις απαιτήσεις της ΜΔΕ, όπως περιγράφονται αναλυτικά στην Αρχική Έκθεση Προόδου.

Η έρευνα στηρίζεται αποκλειστικά σε δευτερογενή δεδομένα, τα οποία αντλούνται από διεθνείς βάσεις δεδομένων, δημοσιευμένα άρθρα, συστηματικές ανασκοπήσεις και κατάλληλα τεχνικά πρότυπα. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν ποιοτικές και ημιποσοτικές παραμέτρους όπως πιθανότητα συμβάντος, συχνότητα έκθεσης, σοβαρότητα συνεπειών, κρίκους αιτιότητας και φραγμούς πρόληψης, όπως αναλύονται στη διεθνή βιβλιογραφία (Liu et al., 2023; Mohandes et al., 2025). Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την ακριβή σύγκριση των μοντέλων όταν εφαρμόζονται σε κοινό πλαίσιο.

Το πρώτο βήμα της μεθοδολογίας αφορά την αναγνώριση και περιγραφή των κινδύνων που συνδέονται με την πτώση από ύψος βάσει των πιο πρόσφατων επιστημονικών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των φυσιολογικών παραγόντων, των τεχνικών χαρακτηριστικών



του εργοταξίου και των ανθρώπινων σφαλμάτων, όπως τεκμηριώνονται σε έρευνες για την ασφάλεια στο ύψος (Duorinaah et al., 2025; Cheng et al., 2024).

Στη συνέχεια εφαρμόζονται διαδοχικά τα τέσσερα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου:

1. Risk Matrix: Απλή ποιοτική αποτίμηση κινδύνου, με έμφαση στη διαβάθμιση πιθανότητας και σοβαρότητας.
2. Fine-Kinney: Ημιποσοτική ανάλυση που επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια, όπως προτείνεται και από πρόσφατες βελτιωμένες εκδόσεις της μεθόδου (Li et al., 2024).
3. Bow-Tie: Ανάλυση αιτιών και συνεπειών με ενσωμάτωση φραγμών, η οποία έχει εφαρμοστεί εκτενώς σε υψηλού κινδύνου περιβάλλοντα.
4. Fault Tree Analysis (FTA): Συστημική ανάλυση λογικών αιτιακών αλληλουχιών, σύμφωνα με τις διεθνείς πρακτικές ασφαλείας (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012).

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, με σκοπό να εντοπιστούν τα μοντέλα που αποδίδουν τις πιο συνεκτικές και αξιόπιστες εκτιμήσεις για τη λήψη αποφάσεων σε σύγχρονα εργοτάξια. Η μεθοδολογική αυτή διάρθρωση είναι πλήρως εναρμονισμένη με τα έγγραφα προόδου και την προτεινόμενη δομή της διπλωματικής εργασίας, όπως έχουν υποβληθεί στο πρόγραμμα σπουδών.

1.4 Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία οργανώνεται σε έξι κεφάλαια, τα οποία ακολουθούν μια λογική πορεία από τη θεωρητική θεμελίωση του ζητήματος έως την εφαρμοσμένη ανάλυση και τη διατύπωση συμπερασμάτων. Η διάρθρωση αυτή ανταποκρίνεται στον βασικό στόχο της μελέτης, δηλαδή στη συγκριτική διερεύνηση μοντέλων εκτίμησης κινδύνων Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας σε εργοτάξια, με εστίαση σε σενάριο πτώσης από ύψος, και είναι συμβατή με τη δομή που ήδη αποτυπώνεται στα περιεχόμενα του κειμένου.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εισαγωγή της εργασίας. Ειδικότερα, προσδιορίζεται το αντικείμενο της μελέτης, αναλύονται οι στόχοι και τα ερευνητικά ερωτήματα, περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση και αποσαφηνίζεται η συνολική δομή της διπλωματικής. Το κεφάλαιο αυτό λειτουργεί ως το θεωρητικό και ερευνητικό σημείο εκκίνησης της μελέτης, καθώς οριοθετεί το πρόβλημα και εξηγεί τη σημασία της διερεύνησής του.



Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει το θεωρητικό υπόβαθρο και την επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Αρχικά εξετάζεται το πεδίο της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας στον κατασκευαστικό κλάδο, με έμφαση στις ιδιαιτερότητες των εργοταξίων και στους κυριότερους επαγγελματικούς κινδύνους. Στη συνέχεια αναλύονται οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις των εργατικών ατυχημάτων και παρουσιάζονται τα βασικά διεθνή μοντέλα εκτίμησης κινδύνου, μαζί με τα χαρακτηριστικά και τους περιορισμούς τους. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με συγκριτική επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και ανάδειξη των ερευνητικών κενών που δικαιολογούν την παρούσα μελέτη.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά την ερευνητική μεθοδολογία. Σε αυτό αναπτύσσεται ο σχεδιασμός της έρευνας, τεκμηριώνεται η επιλογή των τεσσάρων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου, περιγράφεται η διαδικασία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων και παρουσιάζονται τα εργαλεία και οι πίνακες αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, αποτυπώνονται οι βασικές παραδοχές και οι περιορισμοί της έρευνας, ώστε να καταστεί σαφές το πλαίσιο μέσα στο οποίο ερμηνεύονται τα αποτελέσματα.

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί τον πυρήνα της εφαρμοσμένης ανάλυσης και επικεντρώνεται στη μελέτη περίπτωσης πτώσης από ύψος σε εργοτάξιο. Αρχικά παρουσιάζονται ο σκοπός και η λογική της μελέτης περίπτωσης, το έργο και το εργασιακό περιβάλλον, καθώς και το αναλυτικό σενάριο του συμβάντος. Ακολουθεί η αναγνώριση και ανάλυση των κινδύνων και στη συνέχεια εφαρμόζονται διαδοχικά τα επιλεγμένα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων, προκειμένου να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα, οι αδυναμίες και η πρακτική χρησιμότητα κάθε προσέγγισης.

Το πέμπτο κεφάλαιο εστιάζει στην κοινωνικοοικονομική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Στο πλαίσιο αυτό, τα ευρήματα της μελέτης περίπτωσης συνδέονται με τη θεωρία και τη σύγχρονη βιβλιογραφία της ΥΑΕ, εξετάζονται οι κοινωνικές και εργασιακές διαστάσεις των ατυχημάτων, αναλύονται οι επιπτώσεις τους στην παραγωγικότητα και στην οικονομική βιωσιμότητα του έργου και αποτιμάται το κόστος της μη πρόληψης σε σύγκριση με τα οφέλη της επένδυσης στην πρόληψη. Τέλος, διερευνάται η ένταξη των ευρημάτων σε ευρύτερες στρατηγικές ΥΑΕ, βιωσιμότητας και δεικτών ESG.

Το έκτο και τελευταίο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα και τις προτάσεις της εργασίας. Σε αυτό συνοψίζονται τα βασικά ευρήματα της έρευνας, αποτιμάται συγκριτικά



η συμβολή των τεσσάρων μοντέλων στην εκτίμηση του κινδύνου πτώσης από ύψος και διατυπώνονται προτάσεις για την πρακτική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων από μηχανικούς, τεχνικούς ασφαλείας και λοιπούς επαγγελματίες του κατασκευαστικού τομέα. Παράλληλα, προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα, με ιδιαίτερη έμφαση στις δυνατότητες ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών και δυναμικών μεθόδων εκτίμησης κινδύνου στα σύγχρονα εργοτάξια.



2. Κεφάλαιο: Θεωρητικό Υπόβαθρο και Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας στον κατασκευαστικό κλάδο

Η Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας (ΥΑΕ) (OHS / Occupational Health and Safety) ορίζεται διεθνώς ως το σύνολο των οργανωτικών, τεχνικών και νομικών μέτρων που αποσκοπούν στην προστασία της σωματικής, ψυχικής και κοινωνικής ευημερίας των εργαζομένων, μέσω της πρόληψης επαγγελματικών ατυχημάτων και ασθενειών και της βελτίωσης των συνθηκών εργασίας. Η ΥΑΕ δεν περιορίζεται στη συμμόρφωση με κανονισμούς αλλά συνδέεται με τη συστηματική διαχείριση κινδύνων, την καλλιέργεια κουλτούρας ασφάλειας και τη συνεχή βελτίωση των διαδικασιών, όπως αναδεικνύεται και στη σύγχρονη βιβλιογραφία για τα συστήματα διαχείρισης κινδύνου και ασφάλειας (Liu et al., 2023; Tong et al., 2025).

Στον κατασκευαστικό κλάδο, η ΥΑΕ αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα, καθώς η διεθνής εμπειρία καταδεικνύει ότι οι κατασκευές κατατάσσονται σταθερά μεταξύ των πιο επικίνδυνων οικονομικών δραστηριοτήτων, με υψηλά ποσοστά σοβαρών και θανατηφόρων ατυχημάτων (Khan et al., 2023; Sadeghi et al., 2025). Τα εργοτάξια χαρακτηρίζονται από δυναμικό και μεταβαλλόμενο περιβάλλον, διαρκείς αλλαγές στη διαρρύθμιση του χώρου, παράλληλες δραστηριότητες πολλών συνεργείων, χρήση βαρέος εξοπλισμού και εργασία σε ύψος. Υπό αυτές τις συνθήκες, η ΥΑΕ δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί αποσπασματικά ως «συλλογή μέτρων», αλλά ως ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης που ενσωματώνεται στον σχεδιασμό, την οργάνωση και την εκτέλεση των έργων (Mohandes & Zhang, 2021; Bourahla et al., 2024).

Οι βασικές αρχές της ΥΑΕ στον κατασκευαστικό κλάδο ευθυγραμμίζονται με τις διεθνώς αναγνωρισμένες αρχές της ιεραρχίας των ελέγχων και της πρόληψης στην πηγή. Η έμφαση δίνεται στον εντοπισμό και την εξάλειψη ή υποκατάσταση επικίνδυνων διεργασιών ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού, στη μηχανολογική προστασία (κιγκλιδώματα, συστήματα συλλογικής προστασίας από πτώση, απομόνωση επικίνδυνων ζωνών), στην οργάνωση της εργασίας και στην εκπαίδευση, με τα μέσα ατομικής προστασίας να αποτελούν την τελευταία γραμμή άμυνας (Liu et al., 2023; Li et al., 2024). Πρόσφατες ολιστικές προσεγγίσεις, όπως το μοντέλο ολιστικής αξιολόγησης ΥΑΕ των Mohandes & Zhang (2021), υπογραμμίζουν ότι αποτελεσματική πρόληψη σημαίνει συνεξέταση τεχνικών,



οργανωτικών και ανθρώπινων παραμέτρων, και όχι μόνο καταγραφή τυπικών συμμορφώσεων.

Οι στόχοι της ΥΑΕ στις κατασκευές μπορούν να συνοψισθούν σε τέσσερις βασικές διαστάσεις. Πρώτον, τη δραστική μείωση της συχνότητας και σοβαρότητας των ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών. Δεύτερον, τη διασφάλιση βιώσιμων και αξιοπρεπών συνθηκών εργασίας, με προστασία της φυσικής και ψυχικής υγείας των εργαζομένων. Τρίτον, την ενίσχυση της παραγωγικότητας και της ποιότητας μέσω της μείωσης διακοπών, απουσιών και σφαλμάτων. Τέταρτον, τη μείωση του οικονομικού κόστους που συνδέεται με ατυχήματα, αποζημιώσεις και καθυστερήσεις στα έργα, όπως τεκμηριώνεται και από μελέτες κόστους διαχείρισης τραυματισμών σε κατασκευαστικά έργα (Amissah et al., 2019). Στη βιβλιογραφία αναδεικνύεται ότι οι επενδύσεις στην ΥΑΕ έχουν σαφή οικονομική απόδοση, ακριβώς επειδή μειώνουν τα άμεσα και έμμεσα κόστη των ατυχημάτων (Tong et al., 2025; Bourahla et al., 2024).

Το διεθνές κανονιστικό πλαίσιο για την ΥΑΕ στις κατασκευές έχει διαμορφωθεί μέσα από συμβάσεις της Διεθνούς Οργάνωσης Εργασίας, οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και πρότυπα συστημάτων διαχείρισης, όπως το ISO 45001. Οι μελέτες για τα συστήματα διαχείρισης ΥΑΕ καταδεικνύουν ότι η υιοθέτηση τυποποιημένων πλαισίων, με σαφείς διαδικασίες αναγνώρισης κινδύνων, συμμετοχή των εργαζομένων και μηχανισμούς αναφοράς και μάθησης από τα συμβάντα, συνδέεται με βελτιωμένες επιδόσεις ασφάλειας (Liu et al., 2023; Mohandes & Zhang, 2021). Παράλληλα, σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, ειδικές ρυθμίσεις για τα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια θέτουν απαιτήσεις για συντονισμό ασφάλειας, σχέδια ΥΑΕ, εκτίμηση κινδύνου και διαχείριση υπεργολαβιών, αναγνωρίζοντας τη συστημική φύση των κινδύνων στις κατασκευές (Bourahla et al., 2024; Sadeghi et al., 2025).

Οι ιδιαιτερότητες των εργοταξιακών περιβαλλόντων εξηγούν σε μεγάλο βαθμό γιατί ο κλάδος παραμένει υψηλού κινδύνου. Πέρα από την εργασία σε ύψος, που αποτελεί την κυριότερη αιτία θανατηφόρων ατυχημάτων (Newaz et al., 2022; Khan et al., 2023), συχνά συνυπάρχουν κίνδυνοι από κίνηση εργοταξιακών οχημάτων, ανατροπές, συγκρούσεις, καθώς και από χειρισμό βαρέων φορτίων και εξοπλισμού (Sánchez-Lite et al., 2025). Επιπλέον, η έκθεση σε σκόνη, θόρυβο, δονήσεις, καπνούς ασφάλτου και χημικούς παράγοντες δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις για την επαγγελματική υγεία, ιδιαίτερα σε έργα οδοποιίας και αστικών υποδομών (Chong et al., 2024; Huang et al., 2025). Η



βιβλιογραφία δείχνει ότι οι κίνδυνοι αυτοί επιδεινώνονται σε συνθήκες ακραίων θερμοκρασιών, όπου αυξάνεται τόσο η συχνότητα όσο και η σοβαρότητα των τραυματισμών (Lyu & Song, 2024; Vielma et al., 2024).

Ένα πρόσθετο χαρακτηριστικό των εργοταξίων είναι η μεγάλη εξάρτηση από ανθρώπινους παράγοντες, όπως η εμπειρία, η εκπαίδευση, οι αντιλήψεις για την ασφάλεια και οι πρακτικές εποπτείας. Μελέτες σε έργα κατασκευής αναδεικνύουν τον ρόλο της συμπεριφοράς των εργαζομένων και της διοίκησης στη διαμόρφωση της κουλτούρας ασφάλειας. Η ελλιπής επίβλεψη, οι πιεστικοί χρόνοι παράδοσης, η υποτίμηση των κινδύνων και η ανοχή σε παραβιάσεις κανόνων συνδέονται με αυξημένα επίπεδα «μη ασφαλών συμπεριφορών» (Zhang et al., 2023; Torres et al., 2025). Ταυτόχρονα, η πολυπλοκότητα των αλυσίδων υπεργολαβιών, η ύπαρξη εργαζομένων με διαφορετικό μορφωτικό και γλωσσικό υπόβαθρο και οι άτυπες μορφές απασχόλησης δυσκολεύουν την εφαρμογή ομοιογενούς πολιτικής ΥΑΕ σε όλο το έργο (Sadeghi et al., 2025; Tong et al., 2025).

Πίνακας 2.1: Βασικές διαστάσεις της ΥΑΕ στον κατασκευαστικό κλάδο.

Κατηγορία κινδύνου	Ενδεικτικά αίτια στον κατασκευαστικό κλάδο	Ενδεικτικές επιπτώσεις
Πτώσεις από ύψος	Ελλιπή κιγκλιδώματα, μη χρήση ΠΑΠ (Προσωπικός / Ατομικός Προστατευτικός Εξοπλισμός), κακή οργάνωση χώρου εργασίας	Θανατηφόροι τραυματισμοί, αναπηρία
Κίνηση οχημάτων και μηχανημάτων	Περιορισμένη ορατότητα, ελλιπής σήμανση, σύγκρουση με πεζούς	Πολυτραυματισμοί, συντριπτικά κατάγματα
Έκθεση σε φυσικούς παράγοντες	Θερμική καταπόνηση, θόρυβος, δονήσεις	Θερμοπληξία, απώλεια ακοής, μυοσκελετικά προβλήματα
Έκθεση σε χημικούς παράγοντες	Καπνοί ασφάλτου, σκόνη τσιμέντου, διαλύτες	Αναπνευστικά νοσήματα, δερματίτιδες
Οργανωτικοί και ανθρώπινοι	Πίεση χρόνου, ελλιπής εκπαίδευση, χαμηλή κουλτούρα ασφάλειας	Αύξηση μη ασφαλών συμπεριφορών



Συνολικά, η ΥΑΕ στον κατασκευαστικό κλάδο συγκροτεί ένα πολυεπίπεδο πεδίο, όπου οι κλασικές αρχές πρόληψης συναντούν την ανάγκη για συγκεκριμένες παρεμβάσεις σε εργοταξιακά περιβάλλοντα υψηλής μεταβλητότητας. Η σύγχρονη βιβλιογραφία υπογραμμίζει ότι η αποτελεσματική διαχείριση της ΥΑΕ στις κατασκευές προϋποθέτει συνδυασμό κανονιστικής συμμόρφωσης, ολιστικής αξιολόγησης κινδύνων, επένδυσης σε εκπαίδευση και ενίσχυσης της κουλτούρας ασφάλειας σε όλα τα επίπεδα της οργανωτικής ιεραρχίας (Liu et al., 2023; Mohandes & Zhang, 2021; Tong et al., 2025). Η ενότητα αυτή θέτει το θεωρητικό υπόβαθρο για την εστίαση που θα ακολουθήσει στους κινδύνους πτώσης από ύψος και στα εργαλεία εκτίμησης και διαχείρισής τους στον κατασκευαστικό κλάδο.

2.2 Επαγγελματικοί κίνδυνοι σε εργοτάξια και παράγοντες ανθρώπινου σφάλματος

Η ανάλυση των επαγγελματικών κινδύνων στον κατασκευαστικό κλάδο ξεκινά από τη διαπίστωση ότι πρόκειται για έναν ιδιαίτερα πολύπλοκο και δυναμικό χώρο εργασίας, όπου οι φάσεις του έργου, οι προσωρινές κατασκευές και η συνύπαρξη πολλών συνεργειών δημιουργούν ένα περιβάλλον με υψηλή αβεβαιότητα και συνεχείς μεταβολές (Bourahla et al., 2024). Οι συστηματικές ανασκοπήσεις για την Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας (ΥΑΕ) στις κατασκευές επιβεβαιώνουν ότι τα εργοτάξια παραμένουν από τους κλάδους με τα υψηλότερα ποσοστά ατυχημάτων και θανατηφόρων συμβάντων διεθνώς (Sadeghi et al., 2025).

2.2.1 Κατηγορίες επαγγελματικών κινδύνων στο εργοτάξιο

Οι κίνδυνοι που εμφανίζονται στα εργοτάξια μπορούν να ομαδοποιηθούν σε επιμέρους κατηγορίες, οι οποίες συχνά συνυπάρχουν στο ίδιο σημείο και χρόνο του έργου (Liu et al., 2023):

- Μηχανικοί και δομικοί κίνδυνοι: πτώσεις από ύψος, καταρρεύσεις ικριωμάτων, πρόσκρουση σε κινούμενα οχήματα ή φορτία, εγκλωβισμοί (Khan et al., 2023).
- Φυσικοί κίνδυνοι: θόρυβος, δονήσεις, ακραίες θερμοκρασίες, έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία (Vielma et al., 2024).
- Χημικοί κίνδυνοι: έκθεση σε σκόνη τσιμέντου, αναθυμιάσεις ασφάλτου και άλλες ουσίες που εισπνέονται ή απορροφώνται μέσω του δέρματος (Moreira et al., 2024).



- Εργονομικοί κίνδυνοι: επαναλαμβανόμενες κινήσεις, χειρωνακτική διακίνηση φορτίων, άβολες στάσεις εργασίας (Carvajal-Arango et al., 2021).
- Ψυχοκοινωνικοί κίνδυνοι: εργασιακό άγχος, χρονικές πιέσεις, συγκρούσεις ρόλων, ασαφείς ευθύνες.

Μελέτες σε διαφορετικά περιβάλλοντα (π.χ. εργοτάξια οδοποιίας στη Βραζιλία, έργα σε υψηλές θερμοκρασίες στην Αυστραλία και στην Ισπανία) δείχνουν ότι τα σωματικά ατυχήματα δεν είναι τυχαία αλλά συνδέονται με συγκεκριμένους συνδυασμούς τεχνικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως η έντονη θερμική καταπόνηση, η υψηλή ταχύτητα παραγωγής και η μειωμένη επιτήρηση της ασφάλειας (Moreira et al., 2024; Fatima et al., 2025; Vielma et al., 2024)..

Ένας συνοπτικός τρόπος παρουσίασης των κυριότερων κινδύνων είναι ο ακόλουθος:

Πίνακας 2.2: Κύριες κατηγορίες επαγγελματικών κινδύνων σε εργοτάξια κατασκευών.

Κατηγορία κινδύνου	Ενδεικτικά συμβάντα	Τυπικοί παράγοντες επιβάρυνσης
Πτώσεις από ύψος	Πτώση από στέγη, ικρίωμα, άκρο πλάκας	Ανεπαρκής περιφράξη, έλλειψη ΜΑΠ, κακή οργάνωση
Κινούμενα οχήματα/μηχανήματα	Παράσυρση, πρόσκρουση, ανατροπή	Περιορισμένη ορατότητα, κακή σήμανση, στενοί χώροι
Θερμική καταπόνηση	Θερμική εξάντληση, θερμοπληξία	Καύσωνες, βαριά εργασία, ανεπαρκή διαλείμματα
Έκθεση σε θόρυβο/δονήσεις	Βαρηκοΐα, μυοσκελετικές διαταραχές	Παρατεταμένη χρήση εξοπλισμού υψηλού θορύβου
Χημικοί/βιολογικοί κίνδυνοι	Ερεθισμοί, αναπνευστικά προβλήματα	Σκόνη τσιμέντου, αναθυμιάσεις ασφάλτου

Ο πίνακας αυτός μπορεί να εμπλουτιστεί σε επόμενη φάση με ποσοτικά δεδομένα συχνότητας και βαρύτητας ατυχημάτων ανά κατηγορία, σύμφωνα με τα ευρήματα των Moreira et al. (2024) και Sánchez-Lite et al. (2025), οι οποίοι αναλύουν την πιθανότητα και τη σοβαρότητα βλαβών σε συγκεκριμένους τύπους συμβάντων στις κατασκευές.



2.2.2 Πτώσεις από ύψος ως κυρίαρχη κατηγορία κινδύνου

Οι πτώσεις από ύψος αποτελούν επαναλαμβανόμενα μία από τις βασικές αιτίες θανατηφόρων ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο, ακόμη και σε περιβάλλοντα όπου έχει γίνει σημαντική πρόοδος σε τεχνολογίες προστασίας (Khan et al., 2023). Η συστηματική ανασκόπηση των Tanvi Newaz et al. (2022) δείχνει ότι η πλειονότητα των νέων τεχνολογιών ασφάλειας στοχεύει ακριβώς στη μείωση του κινδύνου πτώσης, μέσω συστημάτων εντοπισμού θέσης, αισθητήρων κίνησης και «έξυπνων» συστημάτων ανακοπής πτώσης.

Πιο πρόσφατες εργασίες σε επίπεδο γνώσεων από εκθέσεις ατυχημάτων (knowledge graphs) καταδεικνύουν ότι, πίσω από τα συμβάντα πτώσης, επανεμφανίζονται συγκεκριμένοι παράγοντες: ελλιπής εκπαίδευση, ανεπαρκής προστασία των ακμών, ελλείψεις στη διαχείριση της ασφάλειας και επαναλαμβανόμενες μη ασφαλείς συμπεριφορές, όπως εργασία εκτός προστατευμένων ζωνών ή μη χρήση συστημάτων πρόσδεσης (Zhou et al., 2025). Η ανάλυση μεγάλου αριθμού αναφορών ατυχημάτων με πτώση από ύψος δείχνει ότι η συντριπτική πλειοψηφία θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί με σχετικά απλές αλλά συστηματικά εφαρμοζόμενες παρεμβάσεις (π.χ. συνεχής έλεγχος ικριωμάτων, σταθερά κιγκλιδώματα, σαφής οριοθέτηση ζωνών κινδύνου) (Zhang et al., 2023).

2.2.3 Δυναμικότητα εργοταξιακού περιβάλλοντος και οργανωτικοί παράγοντες

Ένα κεντρικό χαρακτηριστικό των εργοταξίων είναι η δυναμική μεταβολή του χώρου και των ροών εργασίας. Οι διαδρομές μετακίνησης, τα σημεία φόρτωσης, οι προσωρινές σκάλες και τα ικριώματα τροποποιούνται συχνά, ενώ παράλληλα διαφορετικά συνεργεία εργάζονται ταυτόχρονα σε περιορισμένο χώρο (Bourahla et al., 2024). Η βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι αυτή η «ρευστότητα» του περιβάλλοντος αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης απρογραμμάτιστων αλληλεπιδράσεων μεταξύ εργαζομένων, μηχανημάτων και υλικών, ιδίως όταν δεν υπάρχει σαφής χωροταξικός διαχωρισμός εργασιών ή συντονισμός μεταξύ υπεργολάβων (Sánchez-Lite et al., 2025).

Σε αυτό το πλαίσιο, οι οργανωτικοί παράγοντες, όπως η ποιότητα του συστήματος διαχείρισης ΥΑΕ, η ύπαρξη ή μη τεκμηριωμένων διαδικασιών, ο ρεαλιστικός χρονικός προγραμματισμός και ο βαθμός επιτήρησης, λειτουργούν ως πολλαπλασιαστές κινδύνου (Mohandes & Zhang, 2021). Οι Torres et al. (2025) αναδεικνύουν ότι οι αντιλήψεις των εργοταξιακών στελεχών για τις αιτίες των ατυχημάτων συχνά εστιάζουν σε «ατομικές



αστοχίες», ωστόσο η ποιοτική τους ανάλυση υπογραμμίζει την κρίσιμη σημασία της οργάνωσης του έργου, της προετοιμασίας των φάσεων εργασίας και της σαφούς κατανομής ρόλων στη μείωση των ατυχημάτων.

Επιπλέον, μελέτες για τη θερμική καταπόνηση και την επίδραση της θερμοκρασίας στις κακώσεις κατά την εργασία δείχνουν ότι οι συνθήκες καύσωνα εντείνουν τον κίνδυνο, ιδίως σε χειρωνακτικές εργασίες εξωτερικού χώρου, όταν δεν προσαρμόζεται κατάλληλα ο ρυθμός παραγωγής και το πρόγραμμα διαλειμμάτων (Lyu & Song, 2024). Οι κλιματικοί αυτοί παράγοντες αλληλεπιδρούν με το οργανωτικό πλαίσιο, δηλαδή με το αν ο εργοδότης λαμβάνει μέτρα προσαρμογής (σκιερόι χώροι, νερό, ανακατανομή βαρειών εργασιών) (Vielma et al., 2024).

2.2.4 Ανθρώπινο σφάλμα και συμπεριφορική ασφάλεια

Η έννοια του ανθρώπινου σφάλματος στα εργοτάξια δεν περιορίζεται σε «λάθη» του εργαζομένου, αλλά αφορά ένα σύνολο γνωστικών, ψυχολογικών και οργανωτικών μηχανισμών που οδηγούν σε μη ασφαλείς καταστάσεις (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012). Η κλασική βιβλιογραφία των μοντέλων αιτιολόγησης ατυχημάτων στις κατασκευές επισημαίνει ότι τα περισσότερα συμβάντα είναι πολυπαραγοντικά και προκύπτουν από αλληλουχίες σφαλμάτων, παραλείψεων και ανεπαρκών φραγμών, παρά από μια μοναδική αιτία (Zhou et al., 2025).

Πιο πρόσφατες εμπειρικές μελέτες εστιάζουν στη συμπεριφορική ασφάλεια. Η εργασία των Zhang et al. (2023) δείχνει ότι οι πρακτικές διαχείρισης της ασφάλειας από την πλευρά των ιδιοκτητών έργων επηρεάζουν άμεσα τη συχνότητα μη ασφαλών συμπεριφορών των εργαζομένων, όπως η παράλειψη χρήσης μέσων ατομικής προστασίας ή η επιλογή συντομεύσεων στις διαδικασίες. Παράλληλα, οι Carvajal-Arango et al. (2021) συνδέουν την υποκειμενική ευημερία των εργαζομένων με τον κίνδυνο ατυχημάτων, υποστηρίζοντας ότι το άγχος, η κόπωση και η χαμηλή εργασιακή ικανοποίηση αυξάνουν την πιθανότητα λανθασμένης εκτίμησης της κατάστασης.

Σε επίπεδο τεχνολογικής υποστήριξης, πρόσφατες εφαρμογές με φορητές συσκευές, αισθητήρες και αναλυτικά μοντέλα (π.χ. συστήματα ταξινόμησης κινδύνου πτώσης σε πραγματικό χρόνο) επιτρέπουν την έγκαιρη αναγνώριση καταστάσεων κόπωσης ή διαταραχής της ισορροπίας, προτού οδηγήσουν σε ατύχημα (Cheng et al., 2025). Παρότι αυτές οι προσεγγίσεις ενισχύουν την πρόληψη, η βιβλιογραφία τονίζει ότι δεν



υποκαθιστούν την ανάγκη καλλιέργειας κουλτούρας ασφάλειας, όπου η τήρηση των κανόνων θεωρείται θεμελιώδης επαγγελματική αξία και όχι «εμπόδιο» στην παραγωγικότητα (Ju et al., 2025).

2.2.5 Κουλτούρα ασφάλειας και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις

Η κουλτούρα ασφάλειας σε ένα εργοτάξιο αντανακλά τις συλλογικές αξίες, τις προσδοκίες και τα άτυπα πρότυπα συμπεριφοράς που διαμορφώνονται γύρω από τον κίνδυνο (Tong et al., 2025). Σε περιβάλλοντα όπου η έμφαση δίνεται κυρίως στην ταχύτητα εκτέλεσης και στο χαμηλό κόστος, οι εργαζόμενοι τείνουν να αποδέχονται υψηλότερα επίπεδα κινδύνου, ενώ η μη συμμόρφωση με τα μέτρα ασφάλειας συχνά «κανονικοποιείται» (Newaz et al., 2024). Αντίθετα, σε έργα όπου η διοίκηση επενδύει σε σταθερή εκπαίδευση, συμμετοχική αναγνώριση κινδύνων και συστηματική ανατροφοδότηση, η πιθανότητα εμφάνισης επικίνδυνων συμπεριφορών μειώνεται αισθητά, όπως αναδεικνύουν τόσο οι ανασκοπήσεις για την ΥΑΕ στις κατασκευές όσο και οι μελέτες κόστους εργατικών ατυχημάτων (Liu et al., 2023; Amissah et al., 2019).

Οι οικονομικές συνέπειες των ατυχημάτων δεν περιορίζονται στο άμεσο κόστος ιατρικής περίθαλψης και αποζημιώσεων, αλλά επεκτείνονται σε απώλεια παραγωγικότητας, καθυστερήσεις έργων, φθορά της φήμης των εταιρειών και επιβάρυνση των συστημάτων υγείας (Moreira et al., 2024). Η ανάδειξη αυτών των επιπτώσεων λειτουργεί ως πρόσθετο επιχείρημα υπέρ μιας πιο ώριμης κουλτούρας ασφάλειας, όπου η πρόληψη αντιμετωπίζεται ως επένδυση και όχι ως «υποχρεωτική δαπάνη» (Amissah et al., 2019).

Συνολικά, η βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι επαγγελματικοί κίνδυνοι στα εργοτάξια, και ιδιαίτερα οι πτώσεις από ύψος, δεν μπορούν να ερμηνευθούν αποκομμένα από το πλέγμα τεχνικών, οργανωτικών και ανθρώπινων παραγόντων (Torres et al., 2025). Η ενσωμάτωση της ανάλυσης ανθρώπινου σφάλματος και συμπεριφορικής ασφάλειας στο σχεδιασμό των μέτρων ΥΑΕ αποτελεί κρίσιμη προϋπόθεση για μια πιο αποτελεσματική και στοχευμένη πρόληψη, η οποία θα αναπτυχθεί περαιτέρω στα επόμενα τμήματα του θεωρητικού πλαισίου (Zhang et al., 2023).

2.3 Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις εργατικών ατυχημάτων στον κατασκευαστικό τομέα

Η κοινωνικοοικονομική διάσταση των ατυχημάτων στον κατασκευαστικό τομέα αποτελεί κρίσιμη παράμετρο της συνολικής αξιολόγησης της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας.



Τα επαγγελματικά ατυχήματα δεν περιορίζονται σε άμεσα σωματικά τραύματα αλλά παράγουν ένα σύνολο επιβαρύνσεων που επηρεάζουν τους εργαζομένους, τις επιχειρήσεις και τα εθνικά συστήματα υγείας. Η διεθνής βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι οι κατασκευές παραμένουν ένας από τους πλέον επικίνδυνους κλάδους, με σημαντικές οικονομικές, παραγωγικές και κοινωνικές συνέπειες από κάθε σοβαρό συμβάν (Moreira et al., 2024; Liu et al., 2023; Sadeghi et al., 2025).

2.3.1 Άμεσες και έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις

Οι άμεσες οικονομικές επιπτώσεις ενός εργατικού ατυχήματος περιλαμβάνουν το κόστος ιατρικής περίθαλψης, τη νοσηλεία, τη φαρμακευτική αγωγή και τις άμεσες αποζημιώσεις. Η εμπειρική ανάλυση των Amissah et al. (2019) καταδεικνύει ότι το συνολικό κόστος διαχείρισης τραυματισμών σε εργαζόμενους κατασκευών δεν περιορίζεται στις άμεσες δαπάνες, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της οικονομικής επιβάρυνσης προκύπτει από τις έμμεσες απώλειες, όπως η μείωση εισοδήματος, η απουσία από την εργασία και η ανάγκη στήριξης από το οικογενειακό περιβάλλον.

Οι έμμεσες επιπτώσεις επεκτείνονται και στις εργοληπτικές εταιρείες, οι οποίες επιβαρύνονται με απώλειες παραγωγικότητας, ανάγκη αναδιοργάνωσης συνεργείων και καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση έργων. Τα στατιστικά μοντέλα των Moreira et al. (2024) δείχνουν ότι οι σοβαρότερες κακώσεις εμφανίζονται συχνά στα τελικά στάδια των έργων, περίοδο κατά την οποία η πίεση ολοκλήρωσης είναι υψηλή, προκαλώντας διαταραχές στο χρονοδιάγραμμα και αυξημένο λειτουργικό κόστος. Επιπλέον, οι συγγραφείς τεκμηριώνουν ότι ορισμένες κατηγορίες τραυματισμών επιβαρύνουν σημαντικά τα ασφαλιστικά συστήματα και τα συστήματα υγείας, λόγω της ανάγκης για παρατεταμένη αποκατάσταση.

Ένας συνοπτικός τρόπος αποτύπωσης των βασικών οικονομικών διαστάσεων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.3: Βασικές κατηγορίες κόστους εργατικών ατυχημάτων.

Επίπεδο επιβάρυνσης	Άμεσο κόστος	Έμμεσο κόστος
Εργαζόμενος	Ιατρικές δαπάνες, νοσηλεία, μεταφορά	Απώλεια εισοδήματος, αναπηρία, περιορισμός επαγγελματικών προοπτικών



Επίπεδο επιβάρυνσης	Άμεσο κόστος	Έμμεσο κόστος
Επιχείρηση	Αποζημιώσεις, επιδιόρθωση εξοπλισμού	Απώλεια παραγωγικότητας, καθυστερήσεις έργου, ανάγκη εκπαίδευσης αντικαταστατών
Κοινωνία/Σύστημα υγείας	Νοσοκομειακή περίθαλψη, αποκατάσταση	Επιβάρυνση ασφαλιστικών ταμείων, μείωση φορολογικών εσόδων

Η προσέγγιση των Amissah et al. (2019) υπογραμμίζει ότι τα πραγματικά οικονομικά μεγέθη είναι συχνά πολλαπλάσια των εμφανών δαπανών, καθώς η παραγωγικότητα και η κοινωνική συμμετοχή των εργαζομένων πλήττονται μακροπρόθεσμα.

2.3.2 Επιπτώσεις στην υγεία, παραγωγικότητα και ευημερία

Πέρα από το άμεσο οικονομικό κόστος, τα ατυχήματα επιβαρύνουν σημαντικά τη σωματική και ψυχική υγεία των εργαζομένων. Η μελέτη των Carvajal-Arango et al. (2021) καταγράφει ότι η ευημερία των εργαζομένων στις κατασκευές επηρεάζεται από τις εργασιακές συνθήκες, την κόπωση, το άγχος και την αίσθηση ασφάλειας. Η χαμηλή ευημερία συνδέεται με αυξημένη πιθανότητα λαθών, μειωμένη συγκέντρωση και μεγαλύτερη ευαλωτότητα σε εργατικά ατυχήματα.

Από την πλευρά της παραγωγικότητας, οι Moreira et al. (2024) δείχνουν ότι ο κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού αυξάνεται σε περιόδους έντονης εργασιακής πίεσης, με αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις να υφίστανται απώλειες ανθρωποωρών, διακοπή εργασιών και ανάγκη επανασχεδιασμού του έργου. Η αλληλεπίδραση μειωμένης ευημερίας και αυξημένου κινδύνου δημιουργεί έναν αυτοενισχυόμενο κύκλο, στον οποίο τα ατυχήματα επιβαρύνουν την ψυχολογική και κοινωνική κατάσταση των εργαζομένων, οδηγώντας σε περαιτέρω μειώσεις παραγωγικότητας (Carvajal-Arango et al., 2021).

2.3.3 Κλιματικοί παράγοντες, επαγγελματικές κακώσεις και συστημική επιβάρυνση

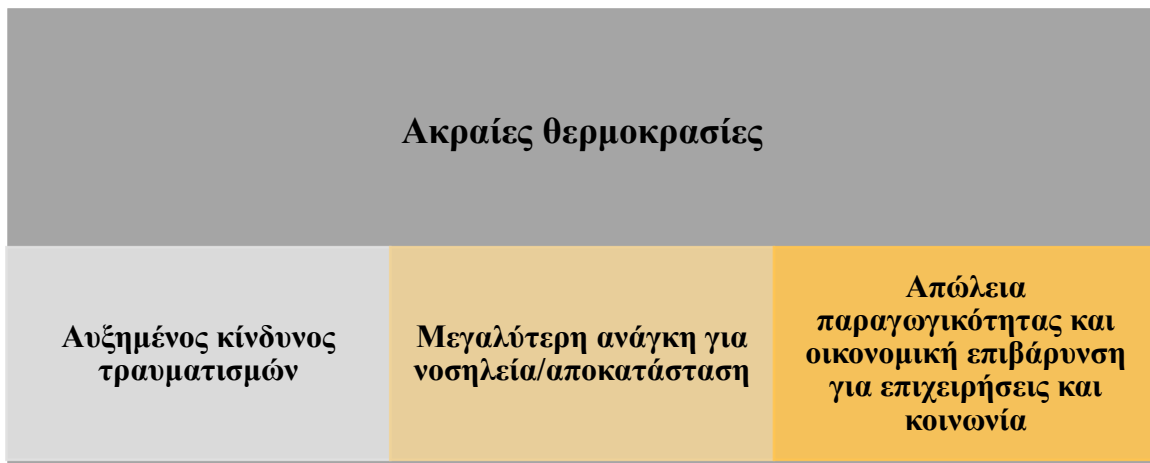
Η πρόσφατη βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η κλιματική κρίση επιτείνει τους επαγγελματικούς κινδύνους, ειδικά σε υπαίθριες εργασίες όπως οι κατασκευές. Η μελέτη των Vielma et al. (2024) στη Μαδρίτη καταδεικνύει ότι τόσο οι υψηλές όσο και οι χαμηλές θερμοκρασίες συνδέονται με αυξημένα ποσοστά επαγγελματικών τραυματισμών, με τη



θερμική καταπόνηση να αποτελεί σημαντικό παράγοντα επιβάρυνσης στους εργαζόμενους των κατασκευών. Παρομοίως, η εθνική μελέτη των Fatima et al. (2025) στην Αυστραλία δείχνει ότι οι καύσωνες αυξάνουν σημαντικά την πιθανότητα τραυματισμού ή ασθένειας σε εργάτες εξωτερικού χώρου, επηρεάζοντας την παραγωγικότητα και τα κόστη νοσηλείας.

Οι Lyu & Song (2024) τεκμηριώνουν ότι η σοβαρότητα των θερμικών κακώσεων επηρεάζεται από παράγοντες όπως η ηλικία, η βαρύτητα της εργασίας και ο δείκτης θερμότητας, επισημαίνοντας ότι στοχευμένα μέτρα προσαρμογής μπορούν να μειώσουν όχι μόνο τους τραυματισμούς αλλά και το σχετιζόμενο οικονομικό βάρος.

Η αλυσίδα των συνεπειών μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:



Σχήμα 2.1: Σχέση θερμικής καταπόνησης – τραυματισμών – οικονομικού κόστους.

2.3.4 Μακροοικονομικές και κοινωνικές συνέπειες

Σε μακροοικονομικό επίπεδο, ο υψηλός δείκτης τραυματισμών επηρεάζει τη βιωσιμότητα του κλάδου, την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων και τη διατήρηση εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού. Τα ευρήματα των Moreira et al. (2024) για τα εργοτάξια στη Βραζιλία δείχνουν ότι οι βαριές κακώσεις είναι συχνότερες σε νεότερους εργαζομένους, γεγονός που αποτελεί παράγοντα αποθάρρυνσης για μακροχρόνια παραμονή στο επάγγελμα.

Παράλληλα, η μειωμένη εργασιακή ευημερία που καταγράφεται από Carvajal-Arango et al. (2021) συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο κοινωνικού αποκλεισμού, ειδικά όταν επαναλαμβανόμενα ατυχήματα οδηγούν σε χρόνια προβλήματα υγείας και μειωμένη



απασχολησιμότητα. Στο επίπεδο των συστημάτων υγείας, η αύξηση θερμικών και μηχανικών τραυματισμών, όπως τεκμηριώνεται από Fatima et al. (2025) και Vielma et al. (2024), οδηγεί σε αυξημένες δαπάνες νοσηλείας, ανάγκη για υποδομές αποκατάστασης και επιβάρυνση των ασφαλιστικών ταμείων.

Συνολικά, οι πρόσφατες μελέτες συγκλίνουν στο ότι τα εργατικά ατυχήματα στις κατασκευές αποτελούν ζήτημα όχι μόνο υγειονομικό αλλά και κοινωνικοοικονομικό. Η ενίσχυση της πρόληψης, η διαχείριση των κλιματικών παραγόντων και η προώθηση υγιών εργασιακών συνθηκών συνιστούν επενδύσεις υψηλής απόδοσης, καθώς μειώνουν τις άμεσες και έμμεσες οικονομικές απώλειες, αυξάνουν την παραγωγικότητα και ενισχύουν τη βιωσιμότητα του κλάδου μακροπρόθεσμα.

2.4 Διεθνή μοντέλα εκτίμησης κινδύνου: Χαρακτηριστικά και περιορισμοί

Η εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου στον κατασκευαστικό τομέα στηρίζεται σε μια σειρά από τυποποιημένα μοντέλα, τα οποία επιχειρούν να συνδυάσουν την πιθανότητα εκδήλωσης ενός συμβάντος με τη σοβαρότητα των συνεπειών του. Η πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση των Liu et al. (2023) δείχνει ότι οι πιο διαδεδομένες προσεγγίσεις στην Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία (ΥΑΕ) κατηγοριοποιούνται σε ποιοτικά μοντέλα (π.χ. risk matrices, Fine-Kinney), αναλυτικά αιτιοκρατικά μοντέλα (fault tree analysis) και υβριδικές προσεγγίσεις που ενσωματώνουν ασαφή λογική και πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων (fuzzy Fine-Kinney, CoCoSo κ.ά.). Τα μοντέλα αυτά προσφέρουν ένα χρήσιμο πλαίσιο για την ιεράρχηση κινδύνων σε εργοτάξια, αλλά η βιβλιογραφία επισημαίνει σημαντικούς θεωρητικούς και πρακτικούς περιορισμούς τους, ιδίως όταν εφαρμόζονται μηχανιστικά.

2.4.1 Risk Matrix

Οι πίνακες κινδύνου (risk matrices) αποτελούν το πιο διαδεδομένο εργαλείο ποιοτικής εκτίμησης, καθώς βασίζονται στη βαθμολόγηση της πιθανότητας και της σοβαρότητας με λίγες κατηγορίες (π.χ. χαμηλή, μέση, υψηλή) και στην αντιστοίχιση του συνδυασμού τους σε επίπεδα κινδύνου (π.χ. αποδεκτός, ανεκτός, μη αποδεκτός) (Liu et al., 2023). Η απλότητά τους διευκολύνει την υιοθέτηση σε εργοτάξια με ετερογενές προσωπικό και περιορισμένο χρόνο για αναλυτικές μετρήσεις, επιτρέποντας μια πρώτη ιεράρχηση επικίνδυνων εργασιών.



Ωστόσο, η κλασική κριτική του Cox (2008) ανέδειξε ότι η χρήση αριθμητικών τιμών σε κλίμακες που είναι κατ' ουσίαν διατακτικές μπορεί να οδηγήσει σε μαθηματικά ασυνεπή αποτελέσματα, όπως η εξίσωση πολύ διαφορετικών σε πραγματικό κίνδυνο συνδυασμών πιθανότητας και σοβαρότητας. Επιπλέον, μικρές αλλαγές στον ορισμό των κατηγοριών ή στα όρια των κελιών του πίνακα μπορούν να ανατρέψουν πλήρως την ιεράρχηση των κινδύνων, γεγονός που υπονομεύει την αξιοπιστία του εργαλείου. Αντίστοιχα, οι Pinto et al., (2013) δείχνουν ότι πολλά risk matrices που εφαρμόζονται στην πράξη δεν τεκμηριώνονται επαρκώς ως προς τα βήματα της ανάλυσης, με αποτέλεσμα η ποιότητα της εκτίμησης να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαίσθηση του εκτιμητή και όχι από μια σαφή μεθοδολογική διαδικασία.

Παρά τις αδυναμίες τους, οι πίνακες κινδύνου παραμένουν ο «βασικός κορμός» πολλών συστημάτων διαχείρισης ΥΑΕ, όταν χρησιμοποιούνται ως πρώτο φίλτρο αναγνώρισης κρίσιμων κινδύνων και όχι ως αποκλειστικό εργαλείο λήψης αποφάσεων (Liu et al., 2023).

2.4.2 Fine-Kinney

Το μοντέλο Fine-Kinney επεκτείνει την κλασική risk matrix εισάγοντας τρεις παράγοντες βαθμολόγησης: πιθανότητα, συχνότητα έκθεσης και σοβαρότητα, που πολλαπλασιάζονται για να δώσουν έναν συνολικό δείκτη κινδύνου (Li et al., 2024). Η λογική αυτή είναι ιδιαίτερα ελκυστική στα εργοτάξια, διότι επιτρέπει να διαφοροποιούνται, για παράδειγμα, εργασίες με σπάνια αλλά καταστροφικά συμβάντα από εργασίες με συχνά μικροατυχήματα, ενσωματώνοντας ρητά τη διάρκεια ή την επαναληψιμότητα της έκθεσης στο κίνδυνο.

Παράλληλα, η εφαρμογή του Fine-Kinney με ασαφείς (fuzzy) αριθμούς επιχειρεί να μειώσει την υποκειμενικότητα στη βαθμολόγηση. Οι Li et al., (2024) αναπτύσσουν μια Fine-Kinney fuzzy προσέγγιση για την εκτίμηση επαγγελματικών κινδύνων σε διάφορες ειδικότητες εργαζομένων στις κατασκευές, συνδυάζοντας την κλασική μεθοδολογία με τεχνικές ασαφούς λογικής για να ληφθεί υπόψη η αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις των ειδικών. Αντίστοιχα, οι Chen et al., (2022) προτείνουν ένα μοντέλο εκτίμησης κινδύνου ΥΑΕ που αξιοποιεί Fermatean fuzzy linguistic sets και τη μέθοδο CoCoSo για την πολυκριτήρια ιεράρχηση κινδύνων, δείχνοντας την τάση της βιβλιογραφίας να «εμπλουτίσει» τα παραδοσιακά μοντέλα με πιο εξελιγμένα εργαλεία αποφάσεων.

Παρόλα αυτά, η κριτική συγκλίνει στο ότι το Fine-Kinney παραμένει ευάλωτο στη δομή του: οι τιμές των τριών παραγόντων συχνά προκύπτουν από γενικές λεκτικές περιγραφές,



ενώ ο καθαρά πολλαπλασιαστικός τύπος μπορεί να υποβαθμίσει πολύ σοβαρούς κινδύνους αν η πιθανότητα κριθεί μέτρια ή χαμηλή (Liu et al., 2023). Επιπλέον, η υπόθεση ανεξαρτησίας μεταξύ πιθανότητας, έκθεσης και σοβαρότητας δεν ισχύει πάντοτε σε δυναμικά εργοτάξια, όπου η συχνότητα έκθεσης επηρεάζει έμμεσα και την πιθανότητα εκδήλωσης ενός συμβάντος.

2.4.3 Bow-Tie

Το Bow-Tie αποτελεί γραφική, φραγμοκεντρική προσέγγιση, η οποία συνδέει τις αιτίες ενός ανεπιθύμητου συμβάντος με τις συνέπειές του μέσω φραγμών πρόληψης και προστασίας. Οπτικά, ο κεντρικός «κόμβος» αντιστοιχεί στο κρίσιμο γεγονός (π.χ. πτώση από ύψος), ενώ στα αριστερά αναπαρίστανται οι απειλές και τα προληπτικά μέτρα και στα δεξιά οι συνέπειες και τα μέτρα μετριασμού (Liu et al., 2023). Η αναπαράσταση αυτή επιτρέπει στους υπεύθυνους ασφάλειας να «χαρτογραφήσουν» με σαφήνεια πού ακριβώς παρεμβαίνει κάθε φραγμός και ποιες αλυσίδες γεγονότων παραμένουν ακάλυπτες.

Η βιβλιογραφία αναγνωρίζει ως βασικό πλεονέκτημα του Bow-Tie την ικανότητα επικοινωνίας της πληροφορίας κινδύνου σε ομάδες με διαφορετικό τεχνικό υπόβαθρο, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό σε εργοτάξια με πολλούς υπεργολάβους και μεταβαλλόμενα συνεργεία (Liu et al., 2023). Ωστόσο, πρόκειται πρωτίστως για ποιοτική προσέγγιση. Συχνά δεν συνοδεύεται από σαφή ποσοτικοποίηση των πιθανοτήτων και της αξιοπιστίας των φραγμών, με αποτέλεσμα να λειτουργεί περισσότερο ως εργαλείο δομημένης σκέψης παρά ως πλήρες αναλυτικό μοντέλο.

Πρόσφατες μελέτες επιχειρούν να συνδέσουν τη λογική Bow-Tie με πιθανολογικά μοντέλα και fault trees, ώστε να παραχθούν πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις κινδύνου σε περίπλοκα τεχνικά συστήματα. Οι Wang et al., (2025), για παράδειγμα, αναπτύσσουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο εκτίμησης κινδύνων για ρομποτικά συστήματα στις κατασκευές, συνδυάζοντας T-S fault tree analysis με Bayesian networks, κάτι που μπορεί να εφαρμοστεί και σε σενάρια τύπου Bow-Tie για κρίσιμες εργοταξιακές εργασίες.

2.4.4 Fault Tree Analysis (FTA)

Η fault tree analysis αποτελεί μια αιτιοκρατική, top-down μέθοδο που ξεκινά από ένα ανεπιθύμητο «κορυφαίο» γεγονός και το αναλύει σε λογικούς συνδυασμούς βασικών σφαλμάτων μέσω πυλών AND και OR (Hosseini & Jabbarani Torghabeh, 2012). Η δομή αυτή επιτρέπει τον εντοπισμό κρίσιμων συνδυασμών αστοχιών (minimal cut sets) που



οδηγούν στο συμβάν, κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο σε σύνθετες εργοταξιακές διεργασίες, όπως οι εκσκαφές και οι εργασίες σε σήραγγες.

Οι Liu et al., (2021) προτείνουν μια βελτιωμένη μέθοδο ουράς αναμονής για την ποσοτικοποίηση κινδύνων σε εκσκαφές, ενσωματώνοντας την FTA σε ένα πλαίσιο που λαμβάνει υπόψη τόσο τα τεχνικά όσο και τα οργανωτικά χαρακτηριστικά του έργου. Αντίστοιχα, οι Wang et al., (2025) χρησιμοποιούν fault trees ως βάση για πιθανολογική ανάλυση κινδύνων σε ρομποτικά συστήματα, δείχνοντας ότι η FTA παραμένει κεντρικό εργαλείο σε εφαρμογές υψηλής επικινδυνότητας.

Παρά τα πλεονεκτήματά της, η FTA απαιτεί λεπτομερή δεδομένα για τις πιθανότητες βασικών αστοχιών, κάτι που σπανίζει σε πολλά εργοτάξια όπου οι καταγραφές ατυχημάτων και παρ' ολίγον συμβάντων είναι αποσπασματικές (Liu et al., 2023). Επιπλέον, η κλασική μορφή της ανάλυσης προϋποθέτει συχνά ανεξαρτησία μεταξύ των βασικών γεγονότων, υπόθεση που μπορεί να μην ισχύει σε περιβάλλοντα με έντονες αλληλεξαρτήσεις μεταξύ ανθρωπίνων παραγόντων, εξοπλισμού και καιρικών συνθηκών.

2.4.5 Συγκριτική αποτίμηση και εφαρμοσιμότητα σε εργοτάξια

Η σύγκριση των προσεγγίσεων αυτών στη διεθνή βιβλιογραφία δείχνει ότι δεν υπάρχει «ένα» ιδανικό μοντέλο, αλλά ένα φάσμα εργαλείων με διαφορετικό βάθος ανάλυσης, απαιτήσεις δεδομένων και γνωστικές προϋποθέσεις. Οι Liu et al. (2023) καταγράφουν μια σαφή τάση από απλές ποιοτικές μεθόδους προς υβριδικά μοντέλα που συνδυάζουν τις κλασικές δομές risk matrix, Fine-Kinney και FTA με τεχνικές ασαφούς λογικής, πολυκριτήριας ανάλυσης και μηχανικής μάθησης. Ο Mohandes & Zhang (2021) δείχνουν ότι ένα ολιστικό μοντέλο αξιολόγησης κινδύνου μπορεί να ενσωματώνει πολλαπλές παραμέτρους κινδύνου και προτιμήσεις ληπτών αποφάσεων, υπερβαίνοντας τους περιορισμούς μιας μεμονωμένης μεθοδολογίας.

Στον παρακάτω πίνακα ακολουθεί συνοπτικός τρόπος παρουσίασης των χαρακτηριστικών των βασικών μοντέλων.



Πίνακας 2.4: Κύρια χαρακτηριστικά διεθνών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στον κατασκευαστικό τομέα.

Μοντέλο	Βασική λογική	Τυπική έξοδος	Πλεονεκτήματα σε εργοτάξιο	Βασικοί περιορισμοί
Risk Matrix	Κατηγορίες πιθανότητας × σοβαρότητας	Επίπεδο κινδύνου (ποιοτικό)	Απλό, εύκολα κατανοητό, χαμηλές απαιτήσεις δεδομένων	Υψηλή υποκειμενικότητα, μαθηματικές ασυνέπειες
Fine–Kinney	Πιθανότητα × έκθεση × σοβαρότητα	Αριθμητικός δείκτης κινδύνου	Καλύτερη διάκριση κινδύνων, κατάλληλο για ιεράρχηση	Εξάρτηση από λεκτικές κλίμακες, δομικοί περιορισμοί
Bow–Tie	Φραγμοκεντρικός χάρτης αιτίων και συνεπειών	Διάγραμμα φραγμών	Ισχυρό εργαλείο επικοινωνίας και σχεδιασμού φραγμών	Περιορισμένη ποσοτικοποίηση, συχνά στατικό
FTA	Λογική ανάλυση κορυφαίου συμβάντος	Πιθανότητα κορυφαίου γεγονότος, minimal cut sets	Βαθιά αιτιοκρατική ανάλυση, κατάλληλη για κρίσιμα συστήματα	Απαιτεί πολλά δεδομένα, υποθέσεις ανεξαρτησίας

Πηγή: (Cox, 2008; Li et al., 2024; Hosseini & Jabbarani Torghabeh, 2012).

2.5 Συγκριτική επισκόπηση βιβλιογραφίας και ερευνητικά κενά

Η διεθνής βιβλιογραφία για την εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου στις κατασκευές συγκλίνει στη διαπίστωση ότι δεν υπάρχει ένα ενιαίο «βέλτιστο» μοντέλο, αλλά ένα φάσμα προσεγγίσεων με διαφορετικές θεωρητικές βάσεις, επίπεδα τυπικότητας και απαιτήσεις δεδομένων. Οι κλασικές ποιοτικές ή ημιποσοτικές μέθοδοι, όπως οι risk matrices και το



Fine-Kinney, παραμένουν εξαιρετικά διαδεδομένες στην πράξη, επειδή είναι εύχρηστες, μπορούν να ενσωματώσουν γρήγορα την εμπειρογνωμοσύνη των στελεχών και δεν απαιτούν σύνθετη υποδομή δεδομένων (Liu et al., 2023; Li et al., 2024). Ωστόσο, η κριτική που διατυπώνεται για τις μεθόδους αυτές είναι έντονη: ο Cox (2008) καταδεικνύει ότι οι risk matrices μπορεί να οδηγήσουν σε ασυνεπείς ταξινομήσεις κινδύνου, ενώ η επιλογή κλιμάκων πιθανότητας και σοβαρότητας είναι συχνά αυθαίρετη. Αντίστοιχα, μελέτες για την ποιότητα της διαδικασίας εκτίμησης κινδύνου επισημαίνουν ότι χωρίς σαφή κριτήρια βαθμολόγησης, ανεξάρτητη επαλήθευση και έλεγχο συνέπειας, τα αποτελέσματα των κλασικών μοντέλων έχουν περιορισμένη αξιοπιστία ως βάση λήψης αποφάσεων (Pinto, 2014; Pinto et al., 2013).

Στο άλλο άκρο του φάσματος, η ανασκόπηση των Liu et al. (2023) δείχνει μια σαφή στροφή προς προχωρημένα πολυκριτηριακά και ασαφή μοντέλα, που επιχειρούν να αντιμετωπίσουν την υποκειμενικότητα και την αβεβαιότητα των παραδοσιακών προσεγγίσεων. Οι Chen et al. (2022) προτείνουν ένα μοντέλο Fermatean fuzzy linguistic με CoCoSo για εκτίμηση κινδύνων ΥΑΕ, το οποίο επιτρέπει πιο λεπτομερή γλωσσική κωδικοποίηση των κρίσεων των εμπειρογνομόνων, ενώ οι Mohandes & Zhang (2021) αναπτύσσουν ένα ολιστικό πλαίσιο OHSRA που συνδυάζει ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια σε περιβάλλον βιώσιμων κατασκευών. Ειδικά στον κατασκευαστικό κλάδο, η εργασία των Li et al. (2024) αναδεικνύει την προσαρμογή του Fine-Kinney σε ασαφές περιβάλλον, με αποτέλεσμα πιο ευέλικτη στάθμιση της πιθανότητας και της σοβαρότητας ανά ειδικότητα εργαζομένων και τύπο εργασίας. Παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, οι ίδιες μελέτες αναγνωρίζουν ότι η πολυπλοκότητα των μοντέλων, η ανάγκη εξειδικευμένης στατιστικής/υπολογιστικής γνώσης και η δυσκολία εξήγησης των αποτελεσμάτων στις εργοταξιακές ομάδες αποτελούν σημαντικά εμπόδια για την ευρεία τους υιοθέτηση (Chen et al., 2022; Liu et al., 2023; Mohandes et al., 2025).

Παράλληλα, η βιβλιογραφία καταγράφει μια τρίτη κατηγορία προσεγγίσεων που βασίζονται σε δομικά/αιτιοκρατικά μοντέλα αστοχίας, όπως η FTA (Fault Tree Analysis) και τα σχήματα τύπου Bow-Tie. Τα μοντέλα αυτά είναι ισχυρά στη χαρτογράφηση των αλληλουχιών γεγονότων και των «φραγμών» ασφαλείας, ιδίως σε πολύπλοκα τεχνολογικά συστήματα. Η εργασία των Wang et al. (2025) συνδυάζει T-S fault tree analysis με Bayesian networks για τη διαχείριση κινδύνων σε ρομποτικά συστήματα κατασκευών, επιτρέποντας τόσο τη λογική μοντελοποίηση αιτιωδών σχέσεων όσο και την εκτίμηση πιθανοτήτων



αποτυχίας σε όλο τον κύκλο ζωής. Αντίστοιχα, η συστηματική ανασκόπηση των Hosseinian & Jabbarani Torghabeh (2012) παρουσιάζει τα κύρια θεωρητικά μοντέλα αιτιολόγησης ατυχημάτων στις κατασκευές, επισημαίνοντας τη συμβολή των δενδροδιαγραμμαμάτων σφαλμάτων και των Bow-Tie σε μια συστημική κατανόηση των «βαθύτερων» αιτιών. Ωστόσο, η πρακτική εφαρμογή των μοντέλων αυτών στην καθημερινή εργοταξιακή διαχείριση παραμένει περιορισμένη, καθώς απαιτούν αναλυτικά δεδομένα αξιοπιστίας και σημαντικό χρόνο μοντελοποίησης, στοιχεία που συχνά δεν είναι διαθέσιμα σε μικρότερα ή ταχέως εξελισσόμενα έργα (Liu et al., 2023; Mohandes et al., 2025).

Σε αυτό το ήδη σύνθετο τοπίο, τα τελευταία χρόνια προστίθεται ένα τέταρτο κύμα προσεγγίσεων βασισμένων στην τεχνητή νοημοσύνη και την ανάλυση μεγάλων δεδομένων. Η βιβλιομετρική μελέτη των Tong et al. (2025) δείχνει ότι η έρευνα στην ΥΑΕ μετατοπίζεται σταδιακά από παραδοσιακά μοντέλα διαχείρισης κινδύνου προς «έξυπνα» και προγνωστικά συστήματα, με έμφαση σε μηχανική μάθηση, βαθιά μάθηση και τεχνικές ταξινόμησης. Ειδικά για τις πτώσεις από ύψος, οι Newaz et al. (2024) και Khan et al. (2023) καταγράφουν ένα ευρύ φάσμα αναδυόμενων τεχνολογιών (wearables, αισθητήρες, computer vision, VR/AR), ενώ οι Duorinaah et al. (2025) αξιοποιούν πολυ-φυσιολογικά σήματα σε εικονικά σενάρια για ταξινόμηση του κινδύνου πτώσης σε πραγματικό χρόνο. Στην ίδια κατεύθυνση, οι Liu Q. et al. (2025) αναπτύσσουν ένα knowledge graph για ατυχήματα πτώσης από ύψος, χρησιμοποιώντας LLMs για εξαγωγή παραγόντων κινδύνου από 1097 αναφορές συμβάντων, και αναδεικνύουν επαναλαμβανόμενους παράγοντες όπως η ελλιπής εκπαίδευση και η ανεπαρκής προστασία ακμών. Οι Zhou et al. (2025) εφαρμόζουν deep reinforcement learning για πρόβλεψη κινδύνου σε εργοτάξια μετρό, αποτυπώνοντας τη δυναμική διάσταση του κινδύνου σε πραγματικό χρόνο. Παρότι οι μελέτες αυτές επιβεβαιώνουν την τεχνική εφικτότητα των ΑΙ εργαλείων και την υψηλή ακρίβεια ταξινόμησης ή πρόβλεψης, οι συγγραφείς επισημαίνουν ζητήματα γενικευσιμότητας, διαφάνειας και αποδοχής από τους τελικούς χρήστες (Newaz et al., 2024; Tong et al., 2025; Kim et al., 2025; Ju et al., 2025).

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, μπορεί να διατυπωθεί μια συνθετική εικόνα της βιβλιογραφίας, όπως ενδεικτικά φαίνεται στον Πίνακα 2.5.



Πίνακας 2.5: Ενδεικτική σύγκριση κατηγοριών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στις κατασκευές.

Κατηγορία μοντέλου	Ενδεικτικά εργαλεία	Κύρια πλεονεκτήματα	Ενδεικτικοί περιορισμοί
Ποιοτικά/ημιποσοτικά	Risk matrix, Fine-Kinney	Απλότητα, ευκολία χρήσης, χαμηλό κόστος	Υποκειμενικότητα, ασυνέπειες, χαμηλή ακρίβεια
Ασαφή και πολυκριτηριακά μοντέλα	Fermatean fuzzy, fuzzy Fine-Kinney	Καλύτερη διαχείριση αβεβαιότητας, πλουσιότερη πληροφορία	Πολυπλοκότητα, δυσκολία υλοποίησης/ερμηνείας
Δομικά/αιτιοκρατικά (FTA, Bow-Tie κ.ά.)	FTA, Bow-Tie, Bayesian networks	Συστημική θεώρηση, ιχνηλασιμότητα αιτίων-φραγμών	Ανάγκη εκτεταμένων δεδομένων, χρονοβόρα μοντελοποίηση
AI-based / data-driven	ML, DL, knowledge graphs, VR/AR	Υψηλή ακρίβεια, δυναμική/προγνωστική ικανότητα	Ζητήματα ερμηνευσιμότητας, εξάρτηση από μεγάλα dataset

Πηγή: (Cox, 2008; Li et al., 2024; Chen et al., 2022; Mohandes et al., 2025; Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012; Wang et al., 2025; Newaz et al., 2024; Tong et al., 2025; Liu Q. et al., 2025).

Παρά το πλήθος των προσεγγίσεων, η βιβλιογραφία αναδεικνύει σημαντικά ερευνητικά κενά, ειδικά σε ό,τι αφορά τις πτώσεις από ύψος σε εργοτάξια. Πρώτον, οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται είτε στο επίπεδο του μοντέλου (π.χ. βελτίωση ενός αλγορίθμου ή μιας μεθόδου βαθμολόγησης) είτε στο επίπεδο της τεχνολογίας (ανάπτυξη ενός αισθητήρα ή ενός συστήματος VR), χωρίς να υπάρχουν πολλά ολοκληρωμένα πλαίσια που να συνδέουν τα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου με συγκεκριμένες διαδικασίες λήψης αποφάσεων στο εργοτάξιο, τη διαχείριση ανθρώπινου σφάλματος και την κουλτούρα ασφάλειας (Liu et al., 2023; Torres et al., 2025; Tong et al., 2025).

Δεύτερον, παρά τις σημαντικές συνεισφορές σε επίπεδο γνώσης για τους παράγοντες κινδύνου (π.χ. knowledge graphs, φυσιολογικά σήματα, θερμική καταπόνηση), η εμπειρική



επαλήθευση των μοντέλων σε διαφορετικά οργανωτικά και κλιματικά περιβάλλοντα παραμένει περιορισμένη. Πολλές εφαρμογές αφορούν πιλοτικές μελέτες, εργαστηριακά ή VR περιβάλλοντα, ή συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, με αποτέλεσμα να τίθεται ζήτημα γενικευσιμότητας σε άλλα πλαίσια, όπως μεσαία εργοτάξια κτιριακών έργων ή έργα υποδομής σε μεσογειακές συνθήκες θερμικής καταπόνησης (Duorinaah et al., 2025; Fatima et al., 2025; Vielma et al., 2024).

Τρίτον, ενώ η βιβλιογραφία για τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις των ατυχημάτων τεκμηριώνει την υψηλή επιβάρυνση για εργαζόμενους, εργοδότες και συστήματα υγείας (Amissah et al., 2019; Moreira et al., 2024; Sánchez-Lite et al., 2025), σπανίζουν τα έργα που συνδέουν ρητά τα αποτελέσματα των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου με ποσοτικές εκτιμήσεις κόστους-οφέλους προληπτικών παρεμβάσεων. Η απουσία αυτής της σύνδεσης καθιστά δυσκολότερη την ενσωμάτωση προηγμένων μεθόδων εκτίμησης κινδύνου σε στρατηγικές αποφάσεις επένδυσης σε μέτρα ασφάλειας.

Τέλος, αρκετές μελέτες επισημαίνουν την ανάγκη για μεγαλύτερη διαφάνεια και ερμηνευσιμότητα των AI-based μοντέλων, ώστε τα αποτελέσματά τους να μπορούν να ενσωματωθούν σε κουλτούρες ασφάλειας που βασίζονται στη συμμετοχή και την ενεργό εμπλοκή εργαζομένων και τεχνικών (Newaz et al., 2024; Kim et al., 2025; Ju et al., 2025). Η παρούσα εργασία έρχεται να καλύψει μέρος αυτών των κενών, εστιάζοντας σε ένα μοντέλο εκτίμησης κινδύνου για πτώσεις από ύψος που συνδέει ρητά την τεχνική εκτίμηση κινδύνου με τις οργανωτικές πρακτικές, τους ανθρώπινους παράγοντες και την επιχειρηματολογία κόστους-οφέλους σε πραγματικές συνθήκες εργοταξίου.



3. Κεφάλαιο: Ερευνητική Μεθοδολογία

3.1 Σχεδιασμός της έρευνας

Η παρούσα έρευνα υιοθετεί έναν αναλυτικό και εφαρμοσμένο ερευνητικό σχεδιασμό, με σαφή προσανατολισμό στη συστηματική εκτίμηση κινδύνων Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας (ΥΑΕ) σε εργοτάξια, εστιάζοντας στο σενάριο πτώσης από ύψος, το οποίο τεκμηριώνεται διεθνώς ως η κυριότερη αιτία σοβαρών και θανατηφόρων ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο (Khan et al., 2023; Liu et al., 2025). Η επιλογή του συγκεκριμένου σεναρίου βασίζεται τόσο στη στατιστική του βαρύτητα όσο και στη σύνθετη φύση των αιτιωδών παραγόντων που το χαρακτηρίζουν, οι οποίοι εκτείνονται από τεχνικές και οργανωσιακές ανεπάρκειες έως ανθρώπινες συμπεριφορές και περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ο ερευνητικός σχεδιασμός δομείται στη λογική της πολυμεθοδολογικής προσέγγισης, συνδυάζοντας ημι-ποσοτικά και ποιοτικά μοντέλα εκτίμησης κινδύνου. Η επιλογή αυτή ανταποκρίνεται στην κριτική που έχει ασκηθεί στις μονοδιάστατες προσεγγίσεις εκτίμησης κινδύνου, ιδίως στις κλασικές μήτρες κινδύνου, οι οποίες παρουσιάζουν περιορισμένη διακριτική ικανότητα, ασάφεια στην κατάταξη κινδύνων και πιθανότητα λανθασμένης ιεράρχησης (Cox, 2008). Παράλληλα, η έρευνα ενσωματώνει σύγχρονες κατευθύνσεις της βιβλιογραφίας, οι οποίες υπογραμμίζουν την ανάγκη για πιο ευέλικτα και αξιόπιστα εργαλεία εκτίμησης που λαμβάνουν υπόψη την αβεβαιότητα και τη δυναμική φύση των εργοταξιακών συνθηκών (Pinto et al., 2013; Liu et al., 2023).

Η μεθοδολογική διαδικασία της έρευνας αναπτύσσεται σε τρία διακριτά αλλά αλληλοσυνδεδεμένα στάδια. Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιείται συστηματική αναγνώριση επικίνδυνων δραστηριοτήτων εργασίας σε ύψος, όπως εργασίες σε σκαλωσιές, στέγες, ανοίγματα δαπέδων και προσωρινές κατασκευές. Η αναγνώριση αυτή βασίζεται σε τεκμηριωμένα δεδομένα ατυχημάτων και σε ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, τα οποία καταδεικνύουν ότι ελλείψεις σε συλλογικά μέτρα προστασίας, ανεπαρκής εκπαίδευση και μη συμμόρφωση με διαδικασίες ασφαλείας αποτελούν κρίσιμους παράγοντες κινδύνου (Khan et al., 2023; Torres et al., 2025).

Στο δεύτερο στάδιο, η έρευνα προχωρά στην ανάλυση των αιτιωδών παραγόντων πτώσης από ύψος, αξιοποιώντας θεωρητικά μοντέλα πρόκλησης ατυχημάτων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις θεωρίες που αναδεικνύουν τον ρόλο της ανθρώπινης συμπεριφοράς, των



οργανωσιακών δομών και της διαχείρισης ασφάλειας, αποφεύγοντας την απλουστευτική προσέγγιση που αποδίδει τα ατυχήματα αποκλειστικά σε ανθρώπινα σφάλματα (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012). Η ανάλυση αυτή ενισχύεται από πρόσφατες μελέτες που τεκμηριώνουν τη συμβολή παραγόντων όπως η ανεπαρκής επίβλεψη, η πίεση χρόνου και η ελλιπής κουλτούρα ασφάλειας στη διαμόρφωση επισφαλών συνθηκών εργασίας (Zhang et al., 2023; Torres et al., 2025).

Το τρίτο στάδιο αφορά την εκτίμηση και ιεράρχηση των κινδύνων πτώσης από ύψος μέσω επιλεγμένων μοντέλων εκτίμησης. Η έρευνα αξιοποιεί ημι-ποσοτικές προσεγγίσεις, όπως επεκτάσεις της μεθόδου Fine-Kinney με ενσωμάτωση ασαφούς λογικής, οι οποίες επιτρέπουν πιο ρεαλιστική αποτύπωση της πιθανότητας και της σοβαρότητας των συνεπειών (Li et al., 2024). Παράλληλα, λαμβάνονται υπόψη ποιοτικά μοντέλα που ενσωματώνουν κρίσεις ειδικών και οργανωσιακούς δείκτες, ενισχύοντας τη συνολική εγκυρότητα της εκτίμησης (Pinto, 2014; Pinto et al., 2013).

Σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού της έρευνας αποτελεί η σαφής οριοθέτηση των παραδοχών και των περιορισμών των επιλεγμένων μοντέλων. Αναγνωρίζεται ότι η εκτίμηση κινδύνου σε εργοτάξια δεν μπορεί να είναι απολύτως αντικειμενική, καθώς επηρεάζεται από την ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων, την εμπειρία των αξιολογητών και τη μεταβλητότητα των συνθηκών εργασίας (Liu et al., 2023). Για τον λόγο αυτό, η έρευνα δεν επιδιώκει την παραγωγή απόλυτων τιμών κινδύνου, αλλά τη συγκριτική ιεράρχηση σεναρίων πτώσης από ύψος, με στόχο την υποστήριξη τεκμηριωμένων αποφάσεων πρόληψης.

Επιπλέον, ο ερευνητικός σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη τη σύγχρονη τάση ενσωμάτωσης ψηφιακών και ευφυών τεχνολογιών στη διαχείριση ασφάλειας εργοταξίων. Παρότι η παρούσα μελέτη δεν αναπτύσσει πρωτογενή αλγοριθμικά μοντέλα, αξιοποιεί τη βιβλιογραφική τεκμηρίωση που καταδεικνύει τη δυναμική χρήσης φορητών αισθητήρων, BIM και μοντέλων μηχανικής μάθησης για την υποστήριξη της εκτίμησης κινδύνου πτώσης από ύψος (Cheng et al., 2024; Duorinaah et al., 2025; Liu et al., 2025). Τα ευρήματα αυτά λειτουργούν συμπληρωματικά, ενισχύοντας τη συζήτηση γύρω από τη μελλοντική εφαρμογή πιο δυναμικών και προληπτικών συστημάτων ΥΑΕ.

Συνολικά, ο σχεδιασμός της έρευνας επιδιώκει να γεφυρώσει τη θεωρητική γνώση με την πρακτική εφαρμογή, συνδυάζοντας καθιερωμένα και σύγχρονα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου σε ένα συνεκτικό μεθοδολογικό πλαίσιο. Μέσα από αυτή τη δομή, η έρευνα



φιλοδοξεί να προσφέρει μια τεκμηριωμένη και εφαρμόσιμη προσέγγιση για την εκτίμηση και ιεράρχηση κινδύνων πτώσης από ύψος, συμβάλλοντας ουσιαστικά στη βελτίωση της πρόληψης ατυχημάτων και της ασφάλειας στα εργοτάξια.

3.2 Επιλογή και τεκμηρίωση μοντέλων εκτίμησης κινδύνου

Η επιλογή των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου αποτελεί κρίσιμο στάδιο της ερευνητικής μεθοδολογίας, καθώς καθορίζει τόσο το βάθος της ανάλυσης όσο και τη δυνατότητα σύνδεσης των αποτελεσμάτων με πρακτικές παρεμβάσεις πρόληψης. Στο παρόν ερευνητικό πλαίσιο, που εστιάζει σε σενάριο πτώσης από ύψος σε εργοτάξια, υιοθετούνται τέσσερα ευρέως διαδεδομένα και επιστημονικά τεκμηριωμένα μοντέλα: Risk Matrix, Fine-Kinney, Bow-Tie και Fault Tree Analysis (FTA). Η επιλογή τους δεν βασίζεται σε κριτήριο υπεροχής ενός μοντέλου έναντι των άλλων, αλλά στη συμπληρωματικότητά τους, ώστε να καλυφθούν τόσο η ποσοτική ιεράρχηση κινδύνων όσο και η εις βάθος κατανόηση των αιτιωδών μηχανισμών που οδηγούν σε ατυχήματα.

Η Risk Matrix επιλέγεται ως εργαλείο αρχικής αποτύπωσης και κατηγοριοποίησης κινδύνου, δεδομένης της ευρείας χρήσης της στη βιομηχανική πρακτική και της απλότητάς της στην εφαρμογή. Η βασική της λογική στηρίζεται στον συνδυασμό της πιθανότητας εμφάνισης ενός επικίνδυνου συμβάντος με τη σοβαρότητα των συνεπειών του, επιτρέποντας την ταχεία ιεράρχηση των κινδύνων και την υποστήριξη αποφάσεων σε περιβάλλοντα περιορισμένου χρόνου (Pinto, 2014). Ωστόσο, η χρήση της Risk Matrix στην παρούσα έρευνα γίνεται με πλήρη επίγνωση των εγγενών περιορισμών της. Όπως έχει τεκμηριωθεί, οι τυπικές μήτρες κινδύνου παρουσιάζουν χαμηλή διακριτική ικανότητα, συμπίεση διαφορετικών ποσοτικών κινδύνων σε ίδιες κατηγορίες και έντονη υποκειμενικότητα κατά την απόδοση βαθμών συχνότητας και σοβαρότητας (Cox, 2008). Οι αδυναμίες αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένη ιεράρχηση και αναποτελεσματική κατανομή πόρων πρόληψης, ιδιαίτερα σε σύνθετα και δυναμικά περιβάλλοντα όπως τα εργοτάξια. Για τον λόγο αυτό, η Risk Matrix αξιοποιείται αποκλειστικά ως πρώτο, προσεγγιστικό στάδιο αναγνώρισης και όχι ως μοναδικό εργαλείο εκτίμησης.

Το μοντέλο Fine-Kinney επιλέγεται ως επόμενο επίπεδο ανάλυσης, καθώς επιτρέπει πιο αναλυτική και πολυπαραγοντική προσέγγιση της επικινδυνότητας. Σε αντίθεση με την κλασική Risk Matrix, το Fine-Kinney ενσωματώνει τρεις διακριτές παραμέτρους:



πιθανότητα, συχνότητα ή έκθεση και σοβαρότητα συνεπειών, οι οποίες πολλαπλασιάζονται για τον υπολογισμό ενός δείκτη κινδύνου. Η δομή αυτή προσφέρει μεγαλύτερη διακριτικότητα και βελτιωμένη ιεράρχηση κινδύνων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου η έκθεση των εργαζομένων διαφοροποιείται σημαντικά (Li et al., 2024). Σύγχρονες ερευνητικές εφαρμογές του μοντέλου στον κατασκευαστικό τομέα έχουν δείξει ότι η ενσωμάτωση ασαφούς λογικής μπορεί να περιορίσει την αβεβαιότητα και την υποκειμενικότητα των εκτιμήσεων, βελτιώνοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων (Mohandes et al., 2025). Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, το Fine-Kinney θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο για τη συστηματική ιεράρχηση των κινδύνων πτώσης από ύψος, καθώς επιτρέπει τη διαφοροποίηση μεταξύ δραστηριοτήτων με παρόμοια σοβαρότητα συνεπειών αλλά διαφορετική συχνότητα έκθεσης, στοιχείο κρίσιμο για τον σχεδιασμό στοχευμένων μέτρων πρόληψης.

Παρά τη χρησιμότητά τους, τόσο η Risk Matrix όσο και το Fine-Kinney επικεντρώνονται κυρίως στο «πόσο επικίνδυνος» είναι ένας κίνδυνος και λιγότερο στο «πώς» και «γιατί» προκύπτει. Για τον λόγο αυτό, η έρευνα συμπληρώνεται με το Bow-Tie μοντέλο, το οποίο προσφέρει εννοιολογική και οπτική αποτύπωση των αιτιωδών παραγόντων και των συνεπειών ενός ανεπιθύμητου γεγονότος. Το Bow-Tie επιτρέπει τη χαρτογράφηση των απειλών που οδηγούν σε πτώση από ύψος, των προληπτικών φραγμών που μπορούν να διακόψουν την εξέλιξη του κινδύνου, καθώς και των κατασταλτικών μέτρων που περιορίζουν τις συνέπειες μετά την εκδήλωση του ατυχήματος (Torres et al., 2025). Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για σενάρια πτώσης από ύψος, όπου αλληλεπιδρούν τεχνικοί παράγοντες (π.χ. ελλιπή κιγκλιδώματα), οργανωτικοί παράγοντες (ανεπαρκής επίβλεψη) και ανθρώπινοι παράγοντες (μη συμμόρφωση με διαδικασίες ασφαλείας). Μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση του Bow-Tie διευκολύνει την επικοινωνία του κινδύνου μεταξύ διαφορετικών εμπλεκομένων και ενισχύει την κατανόηση της λογικής των μέτρων πρόληψης, συμβάλλοντας σε πιο αποτελεσματική εφαρμογή τους (Zhang et al., 2023).

Τέλος, η Fault Tree Analysis (FTA) επιλέγεται για τη δομημένη και συστηματική ανάλυση της λογικής αλληλουχίας γεγονότων που οδηγούν σε ατυχήματα πτώσης από ύψος. Η FTA προσεγγίζει το ατύχημα ως κορυφαίο γεγονός και αναλύει αναδρομικά τις βασικές αστοχίες και συνδυασμούς γεγονότων που το προκαλούν, χρησιμοποιώντας λογικές πύλες AND και OR. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την ταυτοποίηση κρίσιμων σημείων αποτυχίας στο σύστημα



ασφάλειας και την αξιολόγηση της σχετικής συμβολής τους στον συνολικό κίνδυνο (Q. Wang et al., 2025). Ιδιαίτερα στον κατασκευαστικό τομέα, η FTA έχει αποδειχθεί αποτελεσματική όταν συνδυάζεται με πιθανοτικά μοντέλα και σύγχρονες τεχνικές, όπως Bayesian Networks, προσφέροντας πιο ρεαλιστική εκτίμηση της αβεβαιότητας και της πολυπλοκότητας των εργοταξιακών συνθηκών. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, η FTA αξιοποιείται για να αναδείξει τις βαθύτερες αιτιώδεις σχέσεις πίσω από τις πτώσεις από ύψος, συμπληρώνοντας τα ποσοτικά αποτελέσματα των προηγούμενων μοντέλων.

Συνολικά, η επιλογή των τεσσάρων μοντέλων αντανακλά μια πολυεπίπεδη προσέγγιση εκτίμησης κινδύνου, όπου η αρχική ποιοτική και ημιποσοτική αποτύπωση (Risk Matrix), η αναλυτική ιεράρχηση (Fine-Kinney), η εννοιολογική κατανόηση των μηχανισμών (Bow-Tie) και η λογική ανάλυση αιτιωδών αλληλουχιών (FTA) λειτουργούν συμπληρωματικά. Η συνδυαστική χρήση τους επιτρέπει όχι μόνο την αξιόπιστη εκτίμηση του κινδύνου πτώσης από ύψος, αλλά και τη σύνδεση της ανάλυσης με συγκεκριμένες και τεκμηριωμένες παρεμβάσεις πρόληψης, ενισχύοντας τη χρηστικότητα και την επιστημονική εγκυρότητα της έρευνας.

3.3 Διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων στηρίζεται αποκλειστικά σε δευτερογενή, επαληθεύσιμα και τεκμηριωμένα δεδομένα, τα οποία προέρχονται από διεθνείς βάσεις καταγραφής εργατικών ατυχημάτων, επιστημονικά άρθρα και αναλυμένες περιπτώσεις πτώσεων από ύψος στον κατασκευαστικό κλάδο. Η επιλογή δευτερογενών δεδομένων αιτιολογείται από το γεγονός ότι τα ατυχήματα πτώσης από ύψος αποτελούν διαχρονικά μία από τις κυριότερες αιτίες σοβαρών και θανατηφόρων τραυματισμών στα εργοτάξια, με υψηλό βαθμό επαναληψιμότητας ως προς τα αίτια και τις συνθήκες εκδήλωσης (Khan et al., 2023; Liu et al., 2025). Τα δεδομένα που αξιοποιούνται περιλαμβάνουν τόσο τεχνικές παραμέτρους του εργοταξιακού περιβάλλοντος, όπως ύψος εργασίας, ύπαρξη συλλογικών μέτρων προστασίας και κατάσταση επιφανειών, όσο και οργανωτικούς και ανθρώπινους παράγοντες, όπως επίπεδο εκπαίδευσης, εργασιακή εμπειρία, ωράρια, κόπωση και ποιότητα επίβλεψης (Sánchez-Lite et al., 2025; Zhang et al., 2023).

Η ανάλυση των δεδομένων υλοποιείται σε διακριτά και διαδοχικά στάδια, με στόχο τη σταδιακή μετάβαση από την ποιοτική αναγνώριση κινδύνων στην ποσοτική ιεράρχησή τους και, τελικά, στη συστηματική κατανόηση των μηχανισμών που οδηγούν σε ατυχήματα



πτώσης από ύψος. Στο αρχικό στάδιο εφαρμόζεται η Risk Matrix, ως εργαλείο προκαταρκτικής εκτίμησης, προκειμένου να καταγραφούν οι βασικές κατηγορίες κινδύνων με βάση τη συχνότητα εμφάνισης και τη σοβαρότητα των συνεπειών. Η χρήση της Risk Matrix αντιμετωπίζεται με κριτική προσέγγιση, καθώς έχει τεκμηριωθεί ότι παρουσιάζει περιορισμένη διακριτική ικανότητα και ενδέχεται να οδηγεί σε υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση κινδύνων, ιδίως σε σύνθετα εργοταξιακά περιβάλλοντα (Cox, 2008). Για τον λόγο αυτό, η λειτουργία της περιορίζεται αποκλειστικά στο επίπεδο της αρχικής χαρτογράφησης.

Στο επόμενο στάδιο εφαρμόζεται το μοντέλο Fine-Kinney για την ποσοτική αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων. Το Fine-Kinney επιλέγεται επειδή επιτρέπει τον συνδυασμό πιθανότητας, συχνότητας έκθεσης και σοβαρότητας συνεπειών, προσφέροντας σαφέστερη διαφοροποίηση μεταξύ κρίσιμων και μη κρίσιμων κινδύνων σε εργασίες ύψους (Li et al., 2024). Η βιβλιογραφία δείχνει ότι το μοντέλο αυτό, ιδίως όταν υποστηρίζεται από εμπειρικά δεδομένα ατυχημάτων, αποτελεί αξιόπιστο εργαλείο για τη στοχευμένη κατανομή προληπτικών μέτρων στον κατασκευαστικό τομέα (Mohandes & Zhang, 2021).

Παράλληλα, αξιοποιείται το μοντέλο Bow-Tie για τη συστηματική απεικόνιση της σχέσης μεταξύ αιτίων, συμβάντος πτώσης και συνεπειών. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη σαφή διάκριση μεταξύ προληπτικών και κατασταλτικών φραγμών, αναδεικνύοντας τα σημεία στα οποία η αποτυχία οργανωτικών ή τεχνικών μέτρων αυξάνει δραστικά την πιθανότητα σοβαρού ατυχήματος (Torres et al., 2025). Η ανάλυση Bow-Tie συμπληρώνεται από την εφαρμογή Fault Tree Analysis (FTA), η οποία χρησιμοποιείται για τη λογική αποδόμηση των κρίσιμων αστοχιών που οδηγούν σε πτώσεις από ύψος. Μέσω της FTA καθίσταται δυνατή η ιεράρχηση των βασικών αιτιωδών διαδρομών και η κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπινων λαθών, οργανωτικών ελλείψεων και τεχνικών αστοχιών (Wang et al., 2025; Mohandes et al., 2025).

Η μεθοδολογική προσέγγιση ενισχύεται περαιτέρω από πρόσφατα ερευνητικά ευρήματα που αξιοποιούν αυτοματοποιημένες τεχνικές εξαγωγής γνώσης από βάσεις δεδομένων ατυχημάτων. Μελέτες που βασίζονται σε ανάλυση αναφορών πτώσεων από ύψος καταδεικνύουν ότι παράγοντες όπως ανεπαρκής εκπαίδευση, ελλιπής επίβλεψη και κακή διαχείριση εργοταξιακών ζωνών επανεμφανίζονται συστηματικά ως καθοριστικοί για τη σοβαρότητα των συνεπειών (Liu et al., 2025; Sánchez-Lite et al., 2025). Τα ευρήματα αυτά



χρησιμοποιούνται υποστηρικτικά για τη διασταύρωση και επικύρωση των αποτελεσμάτων των εφαρμοζόμενων μοντέλων.

Συνολικά, η διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων ακολουθεί μια πολυεπίπεδη και συνδυαστική λογική, η οποία αποφεύγει την αποκλειστική εξάρτηση από ένα μόνο εργαλείο εκτίμησης κινδύνου. Η ενσωμάτωση ποιοτικών και ποσοτικών προσεγγίσεων επιτρέπει τη ρεαλιστική αποτύπωση της πολυπλοκότητας των κινδύνων πτώσης από ύψος και δημιουργεί ένα συνεκτικό μεθοδολογικό πλαίσιο, κατάλληλο για την υποστήριξη τεκμηριωμένων αποφάσεων πρόληψης και διαχείρισης της υγείας και ασφάλειας στα εργοτάξια.

3.4 Εργαλεία και πίνακες αξιολόγησης

Η εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης κινδύνου σε εργοτάξια προϋποθέτει τη χρήση δομημένων εργαλείων που επιτρέπουν τη συστηματική αποτύπωση, αξιολόγηση και σύγκριση των κινδύνων. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, βασικό ρόλο διαδραματίζουν οι πίνακες αξιολόγησης κινδύνου, οι οποίοι λειτουργούν ως ενδιάμεσος μηχανισμός μεταξύ θεωρητικών μοντέλων και εμπειρικής εφαρμογής. Οι πίνακες αυτοί επιτρέπουν την τυποποιημένη καταγραφή κρίσιμων παραμέτρων, όπως η πιθανότητα εκδήλωσης, η σοβαρότητα των συνεπειών, οι συνθήκες έκθεσης και η αποτελεσματικότητα των υφιστάμενων μέτρων ελέγχου, ενισχύοντας τη διαφάνεια και την επαναληψιμότητα της διαδικασίας (Pinto et al., 2013).

Η ποιότητα των πινάκων αξιολόγησης συνδέεται άμεσα με τη σαφήνεια των κριτηρίων και τη μεθοδολογική τους συνοχή. Όπως επισημαίνεται στη διεθνή βιβλιογραφία, η μη επαρκής τυποποίηση μπορεί να οδηγήσει σε ασυνεπή ή ακόμη και παραπλανητικά αποτελέσματα, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται απλοποιημένες ποιοτικές μήτρες κινδύνου (Cox, 2008). Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα μελέτη υιοθετούνται πίνακες που ενσωματώνουν πολυκριτηριακή λογική και επιτρέπουν τη διαφοροποιημένη στάθμιση των παραγόντων κινδύνου, περιορίζοντας τα φαινόμενα «συμπίεσης» κινδύνου και εσφαλμένης ιεράρχησης.

Ειδικότερα, οι πίνακες αξιολόγησης βασίζονται σε καθιερωμένα μοντέλα επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, όπως ποιοτικά και ημι-ποσοτικά σχήματα τύπου Fine-Kinney, καθώς και σε σύγχρονες επεκτάσεις τους με χρήση ασαφούς λογικής (Li et al., 2024). Η ενσωμάτωση ασαφών συνόλων επιτρέπει την αποτύπωση της εγγενούς αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει τα εργοτάξια, ιδίως σε σενάρια πτώσης από ύψος, όπου οι συνθήκες



μεταβάλλονται δυναμικά και η πλήρης ποσοτικοποίηση δεν είναι πάντα εφικτή (Chen et al., 2022). Με τον τρόπο αυτό, οι πίνακες δεν λειτουργούν απλώς ως εργαλεία βαθμολόγησης, αλλά ως πλαίσια ερμηνείας του κινδύνου.

Παράλληλα, η δομή των πινάκων αξιολόγησης ευθυγραμμίζεται με σύγχρονες προσεγγίσεις που δίνουν έμφαση στη σύνδεση οργανωτικών, τεχνικών και ανθρώπινων παραγόντων. Η βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι τα ατυχήματα στον κατασκευαστικό τομέα δεν προκύπτουν αποκλειστικά από μεμονωμένες επικίνδυνες ενέργειες, αλλά από τη δυναμική αλληλεπίδραση διοικητικών πρακτικών, συνθηκών εργασίας και ανθρώπινης συμπεριφοράς (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012). Κατά συνέπεια, οι πίνακες αξιολόγησης της παρούσας έρευνας περιλαμβάνουν πεδία που αφορούν τόσο φυσικούς κινδύνους (π.χ. απουσία συλλογικών μέτρων προστασίας) όσο και οργανωτικές ελλείψεις (π.χ. ανεπαρκής εκπαίδευση ή επίβλεψη).

Ιδιαίτερη βαρύτητα αποδίδεται και στη δυνατότητα συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων. Η χρήση ομοιόμορφων πινάκων επιτρέπει τη σύγκριση διαφορετικών σεναρίων εργασίας ή φάσεων του έργου, καθώς και την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας παρεμβάσεων πρόληψης (Liu et al., 2023). Σε συνδυασμό με την τεκμηριωμένη καταγραφή των παραδοχών και των εκτιμήσεων, ενισχύεται η αξιοπιστία της μεθοδολογίας και διευκολύνεται η αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων από άλλους ερευνητές ή επαγγελματίες ασφάλειας.

Τέλος, οι πίνακες αξιολόγησης λειτουργούν και ως εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων. Η συστηματική ιεράρχηση των κινδύνων επιτρέπει τη στοχευμένη κατανομή πόρων και την επιλογή μέτρων πρόληψης με το μεγαλύτερο αναμενόμενο όφελος για την ασφάλεια των εργαζομένων (Mohandes & Zhang, 2021). Στο συγκεκριμένο σενάριο πτώσης από ύψος, η χρήση δομημένων πινάκων καθιστά εφικτή τη σαφή ανάδειξη των κρίσιμων παραγόντων κινδύνου και τη σύνδεσή τους με πρακτικές παρεμβάσεις, ενισχύοντας τη λειτουργική αξία της αξιολόγησης πέρα από τον ακαδημαϊκό της χαρακτήρα.

3.5 Παραδοχές και περιορισμοί της έρευνας

Η παρούσα έρευνα θεμελιώνεται σε ένα σύνολο σαφών παραδοχών, οι οποίες καθορίζουν τόσο τον σχεδιασμό όσο και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της. Κεντρική παραδοχή αποτελεί η θέση ότι τα επιλεγμένα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου υγείας και ασφάλειας της εργασίας σε εργοτάξια δεν λειτουργούν ανταγωνιστικά, αλλά συμπληρωματικά. Η διεθνής



βιβλιογραφία τεκμηριώνει ότι τα ποιοτικά, ημι-ποσοτικά και ποσοτικά μοντέλα, καθώς και οι σύγχρονες προσεγγίσεις που ενσωματώνουν ασαφή λογική, πολυκριτηριακή ανάλυση και τεχνικές μηχανικής μάθησης, αποδίδουν πληρέστερα όταν συνδυάζονται στο πλαίσιο μιας πολυεπίπεδης ανάλυσης κινδύνου (Pinto et al., 2013; Liu et al., 2023). Υπό αυτό το πρίσμα, η έρευνα υιοθετεί τη λογική ότι η πολυπλοκότητα των κινδύνων πτώσης από ύψος δεν μπορεί να αποτυπωθεί επαρκώς από ένα μόνο εργαλείο αξιολόγησης.

Μία δεύτερη βασική παραδοχή αφορά την εγκυρότητα της εφαρμογής των επιλεγμένων μοντέλων στο συγκεκριμένο σενάριο πτώσης από ύψος. Παρότι τα περισσότερα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί και δοκιμαστεί σε διαφορετικά εργοταξιακά περιβάλλοντα και πολιτισμικά πλαίσια, θεωρείται ότι τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά των κινδύνων πτώσης από ύψος (ανθρώπινοι παράγοντες, τεχνικές συνθήκες, οργανωτικές πρακτικές) εμφανίζουν επαρκή δομική ομοιότητα, ώστε να επιτρέπεται η αναλυτική τους προσαρμογή και συγκριτική αξιολόγηση (Hosseini & Jabbarani Torghabeh, 2012; Khan et al., 2023). Η παραδοχή αυτή είναι σύμφωνη με πρόσφατες συστηματικές ανασκοπήσεις που επισημαίνουν την ανάγκη γενικεύσιμων αλλά ευέλικτων πλαισίων εκτίμησης κινδύνου στον κατασκευαστικό τομέα (Bourahla et al., 2024; Tong et al., 2025).

Ωστόσο, η έρευνα αναγνωρίζει ρητά ότι η ακρίβεια και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων. Σε πολλά μοντέλα εκτίμησης κινδύνου, ιδίως σε εκείνα που βασίζονται σε πίνακες κινδύνου, γλωσσικές μεταβλητές ή αξιολογήσεις εμπειρογνομόνων, ενσωματώνονται αναπόφευκτα υποκειμενικές κρίσεις. Όπως έχει επισημανθεί κριτικά, οι πίνακες κινδύνου παρουσιάζουν περιορισμένη διακριτική ικανότητα, συμπίεση εύρους και πιθανότητα εσφαλμένης ιεράρχησης κινδύνων, ιδίως όταν η συχνότητα και η σοβαρότητα δεν συσχετίζονται γραμμικά (Cox, 2008). Παρά τις βελτιώσεις που προσφέρουν οι ασαφείς και υβριδικές μέθοδοι, η ανθρώπινη κρίση παραμένει κρίσιμος παράγοντας, επηρεάζοντας τόσο την εισαγωγή όσο και την ερμηνεία των δεδομένων (Pinto et al., 2013; Chen et al., 2022).

Ένας επιπλέον περιορισμός σχετίζεται με τη δυναμική φύση των εργοταξιακών συνθηκών. Τα περισσότερα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου, ακόμη και τα πιο σύγχρονα που αξιοποιούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από φορητές συσκευές ή συστήματα BIM, βασίζονται σε στιγμιότυπα ή σε χρονικά περιορισμένα σύνολα δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι απρόβλεπτες μεταβολές, όπως αιφνίδιες αλλαγές καιρικών συνθηκών, κόπωση εργαζομένων ή οργανωτικές πιέσεις, ενδέχεται να μην αποτυπώνονται πλήρως στην



ανάλυση (Drescher & Janzen, 2025; Fatima et al., 2025). Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα της έρευνας ερμηνεύονται ως εκτιμήσεις κινδύνου υπό συγκεκριμένες συνθήκες και όχι ως απόλυτες ή διαχρονικά σταθερές προβλέψεις.

Περαιτέρω περιορισμός αφορά τη μεταφερσιμότητα των συμπερασμάτων. Αν και η μελέτη στηρίζεται σε διεθνώς αναγνωρισμένα μοντέλα και πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα, τα ευρήματα δεν μπορούν να γενικευθούν άκριτα σε όλα τα εργοτάξια ή σε κάθε τύπο κατασκευαστικού έργου. Διαφορές στο θεσμικό πλαίσιο, στην κουλτούρα ασφάλειας, στο επίπεδο εκπαίδευσης του προσωπικού και στη χρήση τεχνολογιών επηρεάζουν ουσιαστικά την αποτελεσματικότητα των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου (Zhang et al., 2023; Torres et al., 2025).

Ολοκληρώνοντας, η έρευνα αναγνωρίζει ότι οι παραδοχές και οι περιορισμοί που τη συνοδεύουν δεν υπονομεύουν τη χρησιμότητά της, αλλά αντίθετα προσδιορίζουν με σαφήνεια το πλαίσιο εγκυρότητας και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Η ρητή αποτύπωση των περιορισμών επιτρέπει την κριτική αξιολόγηση των ευρημάτων και δημιουργεί το υπόβαθρο για μελλοντικές μελέτες που θα ενσωματώσουν πλουσιότερα δεδομένα, μεγαλύτερη χρονική κλίμακα και περαιτέρω αυτοματοποιημένες τεχνικές εκτίμησης κινδύνου στον τομέα της υγείας και ασφάλειας της εργασίας σε εργοτάξια.



4. Κεφάλαιο: Μελέτη Περίπτωσης: Πτώση από Ύψος σε Εργοτάξιο

4.1 Σκοπός και λογική της μελέτης περίπτωσης

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης εντάσσεται στο Κεφάλαιο 4 της μεταπτυχιακής εργασίας και έχει ως βασικό σκοπό τη συστηματική διερεύνηση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας (ΥΑΕ), όταν αυτά εφαρμόζονται στο ίδιο, σαφώς οριοθετημένο και υψηλής επικινδυνότητας σενάριο: την πτώση από ύψος σε εργοτάξιο. Η επιλογή της μεθοδολογίας της μελέτης περίπτωσης δεν είναι τυχαία, αλλά εδράζεται στη δυνατότητά της να γεφυρώνει τη θεωρητική ανάλυση με την πρακτική εφαρμογή, επιτρέποντας την εις βάθος κατανόηση σύνθετων φαινομένων ασφάλειας σε πραγματικά εργασιακά περιβάλλοντα.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, η πτώση από ύψος αναγνωρίζεται διαχρονικά ως ένας από τους κυριότερους μηχανισμούς σοβαρών και θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο. Συστηματικές ανασκοπήσεις και εμπειρικές μελέτες καταδεικνύουν ότι οι πτώσεις ευθύνονται για σημαντικό ποσοστό των θανάτων σε εργοτάξια, υπερβαίνοντας συχνά το 40–50 % του συνόλου των θανατηφόρων ατυχημάτων, ιδίως σε εργασίες σκαλωσιών, στεγών και προσωρινών κατασκευών (Khan et al., 2023). Παράλληλα, πρόσφατες μελέτες αναδεικνύουν ότι η επικινδυνότητα των πτώσεων δεν σχετίζεται μόνο με τεχνικές αστοχίες, αλλά με έναν σύνθετο συνδυασμό οργανωτικών, ανθρώπινων και περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως η ανεπαρκής εκπαίδευση, η έλλειψη συλλογικών μέτρων προστασίας και η χαμηλή ωριμότητα των συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας (Bourahla et al., 2024; Liu et al., 2023).

Υπό αυτό το πρίσμα, η πτώση από ύψος αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό και ταυτόχρονα «κρίσιμο» σενάριο, κατάλληλο για τη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου. Η μελέτη περίπτωσης δεν περιορίζεται στην απλή περιγραφή ενός ατυχήματος, αλλά χρησιμοποιείται ως αναλυτικό εργαλείο για την αποτύπωση του τρόπου με τον οποίο κάθε μοντέλο προσεγγίζει την έννοια του κινδύνου, ποια στοιχεία λαμβάνει υπόψη και ποιες διαστάσεις ενδέχεται να παραβλέπει. Με τον τρόπο αυτό, αναδεικνύεται η πρακτική χρησιμότητα, αλλά και οι περιορισμοί, των μεθόδων που εφαρμόζονται ευρέως στον κατασκευαστικό κλάδο.



Η λογική της ανάλυσης βασίζεται στη διαδοχική εφαρμογή πέντε διαφορετικών προσεγγίσεων εκτίμησης κινδύνου στο ίδιο σενάριο πτώσης από ύψος. Αρχικά, εφαρμόζεται η κλασική Risk Matrix, η οποία αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα εργαλεία ημιποσοτικής αξιολόγησης κινδύνου. Η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει την ταχεία ιεράρχηση του κινδύνου μέσω του συνδυασμού πιθανότητας και σοβαρότητας, ωστόσο η βιβλιογραφία έχει επισημάνει επανειλημμένα προβλήματα χαμηλής διακριτικής ικανότητας και ενδεχόμενης υποκειμενικότητας στις κατηγοριοποιήσεις (Cox, 2008). Η εφαρμογή της Risk Matrix στη μελέτη περίπτωσης αποσκοπεί στην αποτύπωση αυτών ακριβώς των πλεονεκτημάτων και αδυναμιών, σε ένα ρεαλιστικό περιβάλλον εργοταξίου.

Στη συνέχεια, η ανάλυση επεκτείνεται στη μέθοδο Fine-Kinney, η οποία εισάγει έναν πιο αναλυτικό ημιποσοτικό μηχανισμό, λαμβάνοντας υπόψη τρεις παραμέτρους: πιθανότητα, έκθεση και συνέπεια. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η Fine-Kinney, ιδίως σε σύγχρονες ή προσαρμοσμένες εκδοχές της, μπορεί να αποδώσει διαφοροποιημένα αποτελέσματα σε σχέση με την κλασική Risk Matrix, ιδίως σε σύνθετα εργοταξιακά σενάρια (Li et al., 2024). Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων στο ίδιο σενάριο πτώσης από ύψος επιτρέπει την αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο η προσθήκη της παραμέτρου της έκθεσης μεταβάλλει την τελική εκτίμηση κινδύνου.

Πέρα από τις αριθμητικές ή ημιποσοτικές προσεγγίσεις, η μελέτη περίπτωσης αξιοποιεί το μοντέλο Bow-Tie, το οποίο προσφέρει μια οπτική και συστημική απεικόνιση του κινδύνου. Το Bow-Tie επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ αιτίων, προληπτικών φραγμών, γεγονότος κορύφωσης και συνεπειών, συμβάλλοντας στη βαθύτερη κατανόηση του μηχανισμού της πτώσης από ύψος. Η εφαρμογή του στο συγκεκριμένο σενάριο αναδεικνύει τον ρόλο των τεχνικών και οργανωτικών φραγμών, καθώς και τα σημεία στα οποία η αποτυχία πολλαπλών γραμμών άμυνας οδηγεί σε σοβαρό ατύχημα, στοιχείο που επισημαίνεται και στη σύγχρονη βιβλιογραφία για τα μοντέλα αιτιότητας ατυχημάτων (Hosseini & Jabbarani Torghabeh, 2012).

Συμπληρωματικά, η Fault Tree Analysis (FTA) χρησιμοποιείται για την ανάλυση του ίδιου κινδύνου μέσω λογικών διαδρομών και συνδυασμών γεγονότων. Η FTA επιτρέπει τον εντοπισμό κρίσιμων «μονοπατιών αποτυχίας», τα οποία δεν είναι πάντα εμφανή σε πιο συνοπτικά μοντέλα. Ιδίως σε περιβάλλοντα εργοταξίων, όπου η αλληλεπίδραση ανθρώπινων και τεχνικών παραγόντων είναι έντονη, η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει



σημαντική προστιθέμενη αξία στη συστηματική ανάλυση της επικινδυνότητας (L. Wang et al., 2025).

Το παρακάτω Σχήμα 4.1 απεικονίζει τη διαδοχική και συγκριτική εφαρμογή των επιλεγμένων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στο ίδιο σενάριο πτώσης από ύψος, αναδεικνύοντας τη μεθοδολογική τους λογική και τον συμπληρωματικό τους ρόλο στη διαδικασία πρόληψης.



Σχήμα 4.1: Λογική και δομή της μελέτης περίπτωσης πτώσης από ύψος.

Ο συνολικός σκοπός της μελέτης περίπτωσης δεν περιορίζεται στην απομονωμένη αξιολόγηση κάθε μοντέλου, αλλά επεκτείνεται στη συγκριτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων τους. Μέσω της παράλληλης εφαρμογής τους στο ίδιο σενάριο πτώσης από ύψος, καθίσταται δυνατή η απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας, ιδίως ως προς τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες κάθε προσέγγισης και ως προς το ερώτημα αν ένας συνδυασμός μοντέλων μπορεί να προσφέρει πιο αξιόπιστη και λειτουργική εκτίμηση κινδύνου στον κατασκευαστικό κλάδο.



Τέλος, η λογική του κεφαλαίου συνδέεται άμεσα με τον εφαρμοσμένο χαρακτήρα της εργασίας. Η μελέτη περίπτωσης λειτουργεί ως ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ θεωρίας και πράξης, προσφέροντας ένα τεκμηριωμένο πλαίσιο για την επιλογή και αξιοποίηση μοντέλων εκτίμησης κινδύνου, με απώτερο στόχο την ενίσχυση της πρόληψης πτώσεων από ύψος και τη βελτίωση της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας στα εργοτάξια.

4.2 Περιγραφή του έργου και του εργασιακού περιβάλλοντος

4.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά του έργου

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης αφορά ένα τυπικό πολυώροφο κτιριακό έργο από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο εντάσσεται στην κατηγορία των αστικών εργοταξίων υψηλής πολυπλοκότητας και αυξημένου κινδύνου ατυχημάτων, με κυρίαρχο τον κίνδυνο πτώσης από ύψος. Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει σταθερά ότι οι πτώσεις από ύψος αποτελούν την κυριότερη αιτία θανατηφόρων και σοβαρών τραυματισμών στον κατασκευαστικό τομέα, ανεξαρτήτως γεωγραφικού ή θεσμικού πλαισίου (Khan et al., 2023); Liu et al., 2023).

Πίνακας 4.1: Βασικά χαρακτηριστικά του έργου και συσχέτιση με κίνδυνο πτώσης.

Παράμετρος	Περιγραφή	Σχέση με κίνδυνο πτώσης
Τύπος έργου	Πολυώροφο κτίριο σκυροδέματος	Αυξημένα ανοικτά ύψη και ακμές
Στάδιο κατασκευής	Φέρων οργανισμός	Υψηλή έκθεση σε πτώσεις
Περιβάλλον	Αστικό, εξωτερικό	Μεταβλητές καιρικές συνθήκες
Οργάνωση	Πολλαπλά συνεργεία	Κίνδυνος ασυντονίστων ενεργειών
Μέτρα ασφάλειας	Προσωρινά και ατομικά	Περιορισμένη αξιοπιστία

1. Τύπος έργου

Το έργο αφορά πολυώροφο κτίριο κατοικιών ή μικτής χρήσης, με φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα και εκτεταμένη χρήση προσωρινών κατασκευών, όπως ικρίωματα, ξυλότυποι, προσωρινά δάπεδα και προστατευτικά κιγκλιδώματα. Τέτοιου τύπου έργα χαρακτηρίζονται



από έντονη χωρική και χρονική μεταβλητότητα κινδύνων, καθώς τα σημεία εργασίας μεταβάλλονται συνεχώς κατά την πρόοδο της κατασκευής (Wang et al., 2025; Bourahla et al., 2024). Η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η απουσία μόνιμων στοιχείων προστασίας σε πρώιμα στάδια αυξάνει την εξάρτηση από διοικητικά και ατομικά μέτρα πρόληψης, τα οποία εμφανίζουν χαμηλότερη αξιοπιστία σε δυναμικά περιβάλλοντα (Pinto, 2014; Pinto et al., 2013).

2. Στάδιο κατασκευής

Η ανάλυση εστιάζει στο στάδιο κατασκευής του φέροντος οργανισμού, όπου εκτελούνται εργασίες σκυροδέτησης, τοποθέτησης οπλισμών και αποξήλωσης ξυλοτύπων σε ύψη μεγαλύτερα των 3-6 μέτρων. Το συγκεκριμένο στάδιο έχει αναγνωριστεί ως κρίσιμο από πλήθος ερευνών, λόγω του συνδυασμού φυσικών κινδύνων (ανοικτές ακμές, κενά δαπέδων), οργανωτικών πιέσεων (χρονοδιαγράμματα, αλληλεπικάλυψη συνεργειών) και ανθρώπινων παραγόντων, όπως κόπωση και ελλιπής αντίληψη κινδύνου (Cheng et al., 2024; Duorinaah et al., 2025). Επιπλέον, περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως υψηλές θερμοκρασίες ή έντονες καιρικές μεταβολές, έχουν αποδειχθεί ότι επιβαρύνουν περαιτέρω τον κίνδυνο πτώσεων, ιδίως σε εξωτερικά εργοτάξια (Drescher & Janzen, 2025; Fatima et al., 2025).

3. Οργάνωση εργοταξίου και εμπλεκόμενοι ρόλοι

Η οργανωτική δομή του εργοταξίου περιλαμβάνει τον κύριο του έργου, τον ανάδοχο, υπεργολάβους, επιβλέποντες μηχανικούς, τεχνικούς ασφάλειας και εργατοτεχνικό προσωπικό. Η διεθνής εμπειρική βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι η σαφήνεια ρόλων και η ενεργός συμμετοχή της διοίκησης στην ασφάλεια επηρεάζουν άμεσα τη συμπεριφορά των εργαζομένων και την αποτελεσματικότητα των μέτρων πρόληψης (Zhang et al., 2023; Torres et al., 2025). Παράλληλα, η έλλειψη συντονισμού μεταξύ συνεργειών και η αποσπασματική εφαρμογή διαδικασιών εκτίμησης κινδύνου συνδέονται με αυξημένη πιθανότητα σοβαρών ατυχημάτων, ιδιαίτερα πτώσεων από ύψος (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012; Liu et al., 2021).

Στο συγκεκριμένο πλαίσιο, η επιλογή πολλαπλών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στην παρούσα μελέτη αντανάκλα την ανάγκη υπέρβασης των περιορισμών των μονοδιάστατων εργαλείων. Οι ημιποσοτικές μέθοδοι, όπως η Risk Matrix και το Fine-Kinney, παρέχουν γρήγορη ιεράρχηση, αλλά εμφανίζουν γνωστούς περιορισμούς ακρίβειας και διακριτικής



ικανότητας (Cox, 2008). Αντίθετα, οι συστημικές προσεγγίσεις Bow-Tie και Fault Tree Analysis επιτρέπουν τη χαρτογράφηση αιτιωδών αλυσίδων και οργανωτικών αδυναμιών, προσφέροντας βαθύτερη κατανόηση του κινδύνου πτώσης στο συγκεκριμένο εργασιακό περιβάλλον (Wang et al., 2025; Mohandes & Zhang, 2021).

4.2.2 Περιβαλλοντικές και οργανωσιακές συνθήκες

Η ανάλυση των περιβαλλοντικών και οργανωσιακών συνθηκών αποτελεί κρίσιμο στάδιο στη μελέτη περίπτωσης πτώσης από ύψος, καθώς οι συγκεκριμένοι παράγοντες λειτουργούν ως διαμορφωτές τόσο της πιθανότητας εκδήλωσης του συμβάντος όσο και της σοβαρότητας των συνεπειών του. Η διεθνής βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι τα ατυχήματα από πτώση σε εργοτάξια δεν αποτελούν μεμονωμένα γεγονότα, αλλά προκύπτουν από τη δυναμική αλληλεπίδραση φυσικών, τεχνικών και οργανωσιακών συνθηκών που συνυπάρχουν στον χώρο εργασίας (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012; Liu et al., 2023).

4.2.2.1 Φυσικό περιβάλλον εργασίας

Το ύψος εργασίας συνιστά τον πρωτογενή φυσικό παράγοντα κινδύνου στην παρούσα μελέτη. Εργασίες που εκτελούνται σε σκαλωσιές, προσωρινές πλατφόρμες ή δομικά στοιχεία χωρίς πλήρη συλλογικά μέσα προστασίας αυξάνουν εκθετικά την πιθανότητα πτώσης, ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με ελλιπή οριοθέτηση επικίνδυνων ακμών ή απουσία κιγκλιδωμάτων (Khan et al., 2023). Παράλληλα, ο χρονικός χαρακτήρας των κατασκευαστικών εργασιών οδηγεί συχνά σε μεταβαλλόμενες χωρικές συνθήκες, όπου ο κίνδυνος πτώσης διαφοροποιείται ανά φάση του έργου και θέση εργασίας (Wang et al., 2025).

Οι καιρικές συνθήκες αποτελούν έναν εξίσου καθοριστικό παράγοντα. Η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, καύσωνες ή απότομες μεταβολές θερμοκρασίας έχει συσχετιστεί με αυξημένα ποσοστά εργατικών ατυχημάτων, μέσω μηχανισμών όπως η σωματική κόπωση, η μείωση της προσοχής και η γνωστική υπερφόρτωση (Drescher & Janzen, 2025; Vielma et al., 2024). Αντίστοιχα, η ολισθηρότητα επιφανειών λόγω βροχής ή υγρασίας αυξάνει τον κίνδυνο απώλειας ισορροπίας, ιδιαίτερα σε εργασίες σε ύψος, όπου τα περιθώρια ανάκτησης σταθερότητας είναι περιορισμένα (Fatima et al., 2025).

Ο φωτισμός του χώρου εργασίας συνδέεται άμεσα με την οπτική αντίληψη κινδύνου. Ανεπαρκής ή ανομοιόμορφος φωτισμός δυσχεραίνει την έγκαιρη αναγνώριση ακμών,



εμποδίων ή μεταβολών επιπέδου, ενισχύοντας την πιθανότητα σφάλματος κατά την κίνηση ή την εκτέλεση χειρισμών (Newaz et al., 2024). Η επίδραση αυτή είναι εντονότερη σε συνθήκες νυχτερινής εργασίας ή σε εσωτερικά εργοτάξια με προσωρινές εγκαταστάσεις φωτισμού.

4.2.2.2 Οργανωσιακοί παράγοντες

Πέραν του φυσικού περιβάλλοντος, οι οργανωσιακές συνθήκες διαμορφώνουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο εκδηλώνονται οι επικίνδυνες συμπεριφορές. Η εκπαίδευση των εργαζομένων αναδεικνύεται σταθερά ως βασικός προστατευτικός παράγοντας έναντι των πτώσεων από ύψος. Μελέτες δείχνουν ότι η συστηματική, στοχευμένη εκπαίδευση βελτιώνει τόσο την αναγνώριση κινδύνου όσο και τη συμμόρφωση με τις διαδικασίες ασφαλείας, μειώνοντας τη συχνότητα επικίνδυνων πρακτικών (Cao et al., 2023; Bourahla et al., 2024). Αντίθετα, η ελλιπής ή τυπική εκπαίδευση χωρίς πρακτική εφαρμογή συνδέεται με αυξημένη ανοχή στον κίνδυνο και υποεκτίμηση των συνεπειών μιας πτώσης.

Η επίβλεψη και η διοικητική παρουσία στο εργοτάξιο λειτουργούν ως μηχανισμοί ελέγχου και ανάδρασης. Η βιβλιογραφία αιτιότητας ατυχημάτων υπογραμμίζει ότι η απουσία ενεργής επίβλεψης επιτρέπει τη σταδιακή κανονικοποίηση αποκλίσεων από τις προβλεπόμενες διαδικασίες ασφαλείας (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012). Επιπλέον, η συμπεριφορά της διοίκησης και των εργοδηγών επηρεάζει άμεσα τη στάση των εργαζομένων απέναντι στην ασφάλεια, διαμορφώνοντας ένα κλίμα είτε πρόληψης είτε ανοχής στον κίνδυνο (Zhang et al., 2023).

Η χρονοπίεση και οι αυστηρές προθεσμίες αποτελούν έναν από τους πλέον κρίσιμους οργανωσιακούς παράγοντες. Όταν η παραγωγικότητα τίθεται σε προτεραιότητα έναντι της ασφαλείας, παρατηρείται αύξηση επικίνδυνων συμπεριφορών, όπως η παράκαμψη μέτρων προστασίας ή η εργασία σε ύψος χωρίς τον απαιτούμενο εξοπλισμό (Torres et al., 2025). Η χρονοπίεση δρα σωρευτικά με τη σωματική κόπωση και τις δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, ενισχύοντας τη συνολική επικινδυνότητα του εργασιακού περιβάλλοντος.



Πίνακας 4.2: Περιβαλλοντικές και οργανωσιακές συνθήκες που σχετίζονται με πτώση από ύψος σε εργοτάξια.

Κατηγορία	Παράγοντας	Τεκμηριωμένη επίδραση στον κίνδυνο πτώσης
Φυσικό περιβάλλον	Ύψος εργασίας	Αύξηση πιθανότητας και σοβαρότητας πτώσης
Φυσικό περιβάλλον	Καιρικές συνθήκες	Μείωση προσοχής, κόπωση, ολισθηρότητα
Φυσικό περιβάλλον	Φωτισμός	Περιορισμένη οπτική αναγνώριση κινδύνου
Οργανωσιακοί παράγοντες	Εκπαίδευση εργαζομένων	Βελτίωση αναγνώρισης κινδύνου και συμμόρφωσης
Οργανωσιακοί παράγοντες	Επίβλεψη	Έλεγχος αποκλίσεων και επικίνδυνων πρακτικών
Οργανωσιακοί παράγοντες	Χρονοπίεση	Παράκαμψη μέτρων ασφαλείας

Συνολικά, η διερεύνηση των περιβαλλοντικών και οργανωσιακών συνθηκών καταδεικνύει ότι η πτώση από ύψος δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά σε ατομικά σφάλματα. Αντίθετα, αποτελεί αποτέλεσμα ενός σύνθετου συστήματος παραγόντων, όπου το φυσικό περιβάλλον, η οργάνωση της εργασίας και οι διοικητικές πρακτικές αλληλεπιδρούν δυναμικά, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις εκδήλωσης του ατυχήματος (Liu et al., 2023; Pinto et al., 2013).

4.3 Περιγραφή του σεναρίου πτώσης από ύψος

Το παρόν υποκεφάλαιο αναπτύσσει ένα υποθετικό αλλά ρεαλιστικό σενάριο πτώσης από ύψος σε εργοτάξιο οικοδομικού έργου, με σκοπό την αναλυτική εφαρμογή και σύγκριση μοντέλων εκτίμησης κινδύνου υγείας και ασφάλειας της εργασίας. Η επιλογή του σεναρίου εδράζεται στη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία καταδεικνύει ότι οι πτώσεις από ύψος αποτελούν διαχρονικά την κυριότερη αιτία σοβαρών τραυματισμών και θανατηφόρων



ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο, ανεξαρτήτως γεωγραφικού και θεσμικού πλαισίου (Khan et al., 2023; Liu et al., 2023).

4.3.1 Αναλυτική περιγραφή του υποθετικού συμβάντος

Το σενάριο αφορά εργασία τοποθέτησης ξυλοτύπων και οπλισμού σε προσωρινή μεταλλική πλατφόρμα ύψους περίπου 3,5 μέτρων από το έδαφος, σε εργοτάξιο ανέγερσης πολυώροφου κτιρίου. Η πλατφόρμα είναι εγκατεστημένη περιμετρικά πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος και χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση εργασιών στις ακμές της πλάκας. Ο εργαζόμενος, έμπειρος τεχνίτης με πολυετή προϋπηρεσία, εκτελεί χειρωνακτικές εργασίες μεταφοράς και τοποθέτησης υλικών, φορώντας βασικό εξοπλισμό ατομικής προστασίας, χωρίς όμως ενεργό σύστημα συγκράτησης πτώσης (π.χ. ζώνη ασφαλείας με γραμμή ζωής).

Κατά τη διάρκεια της εργασίας, και ενώ ο εργαζόμενος μετακινείται προς το άκρο της πλατφόρμας για να παραλάβει υλικό, παρατηρείται ολίσθηση του ποδιού λόγω συσσώρευσης σκόνης και υπολειμμάτων σκυροδέματος στην επιφάνεια εργασίας. Η απουσία επαρκούς πλευρικής προστασίας (κιγκλιδώματα ή ποδιές) και η μη χρήση προσωπικού συστήματος αναχαίτισης οδηγούν σε απώλεια ισορροπίας και πτώση από ύψος προς το εσωτερικό του εργοταξίου.

Το παρακάτω Σχήμα 4.2 αποτυπώνει τη λογική αλληλουχία του υποθετικού συμβάντος πτώσης από ύψος, από την εκτέλεση εργασίας σε προσωρινή μεταλλική πλατφόρμα έως την εκδήλωση του ατυχήματος. Η σχηματική αναπαράσταση αναδεικνύει τη συνύπαρξη τεχνικών, περιβαλλοντικών και οργανωτικών παραγόντων, καθώς και την απουσία κρίσιμων φραγμών πρόληψης.



Σχήμα 4.2: Λογική αλληλουχία του υποθετικού συμβάντος πτώσης από ύψος.

4.3.2 Προσδιορισμός κρίσιμου χρονικού σημείου εκδήλωσης του κινδύνου

Το κρίσιμο χρονικό σημείο εκδήλωσης του κινδύνου εντοπίζεται στη μετάβαση του εργαζομένου από σταθερή στάση σε κίνηση κοντά στο άκρο της πλατφόρμας, όταν συνυπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις ισορροπίας, μειωμένη πρόσφυση και έλλειψη δευτερευόντων μηχανισμών προστασίας. Η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι τέτοιες μεταβατικές φάσεις εργασίας αποτελούν σημεία υψηλής επικινδυνότητας, καθώς συνδυάζουν ανθρώπινους, περιβαλλοντικούς και οργανωτικούς παράγοντες (Newaz et al., 2024; Cheng et al., 2024).



Στο συγκεκριμένο σενάριο, ο κίνδυνος δεν εκδηλώνεται κατά την έναρξη της εργασίας αλλά κατά τη διάρκεια ρουτίνας, στοιχείο που ενισχύει τη σημασία της δυναμικής εκτίμησης κινδύνου και της συνεχούς επιτήρησης των συνθηκών εργασίας, όπως τεκμηριώνεται και από πρόσφατες προσεγγίσεις πραγματικού χρόνου στην αξιολόγηση κινδύνου πτώσεων (Cheng et al., 2025).

4.3.3 Άμεσοι παράγοντες κινδύνου

Οι άμεσοι παράγοντες κινδύνου σχετίζονται με τις συνθήκες που προηγήθηκαν άμεσα της πτώσης και μπορούν να αναγνωριστούν σε επιχειρησιακό επίπεδο. Στο εξεταζόμενο σενάριο περιλαμβάνουν:

- α) την ολισθηρότητα της επιφάνειας εργασίας,
- β) την απουσία συλλογικών μέτρων προστασίας στην ακμή της πλάκας,
- γ) τη μη χρήση προσωπικού συστήματος αναχαίτισης πτώσης, και
- δ) τη σωματική καταπόνηση λόγω συνεχούς χειρωνακτικής εργασίας.

Η διεθνής βιβλιογραφία καταγράφει ότι τέτοιοι παράγοντες αποτελούν επαναλαμβανόμενα μοτίβα σε ατυχήματα πτώσης από ύψος και συχνά συνυπάρχουν, ενισχύοντας σωρευτικά την πιθανότητα ατυχήματος (Khan & Nnaji, 2025; Duorinaah et al., 2025).

4.3.4 Υποκείμενοι παράγοντες κινδύνου

Πέραν των άμεσων αιτίων, το σενάριο αναδεικνύει και μια σειρά υποκείμενων ή λανθανόντων παραγόντων, οι οποίοι συνδέονται με τον σχεδιασμό, τη διοίκηση και την κουλτούρα ασφάλειας του εργοταξίου. Ενδεικτικά, καταγράφονται η ελλιπής διαδικασία καθαρισμού και επιθεώρησης των επιφανειών εργασίας, η ανοχή σε αποκλίσεις από τις προβλεπόμενες πρακτικές ασφάλειας λόγω πίεσης χρόνου, καθώς και η ανεπαρκής επικαιροποίηση της εκτίμησης κινδύνου για εργασίες σε ύψος.

Σύγχρονες προσεγγίσεις πρόληψης πτώσεων τονίζουν ότι οι υποκείμενοι παράγοντες είναι συχνά πιο καθοριστικοί από τα άμεσα αίτια, καθώς διαμορφώνουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο οι επικίνδυνες καταστάσεις γίνονται αποδεκτές ως «κανονικότητα» (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012; Wang et al., 2025). Η διάκριση αυτή είναι κρίσιμη για την εφαρμογή συστημικών εργαλείων ανάλυσης, όπως το Bow-Tie και το Fault Tree Analysis, τα οποία εξετάζουν τη διαδρομή από τις λανθάνουσες αστοχίες έως το τελικό ανεπιθύμητο συμβάν.



4.3.5 Συμβολή του σεναρίου στη μελέτη περίπτωσης

Το συγκεκριμένο σενάριο επιλέγεται διότι επιτρέπει τη συγκριτική εφαρμογή ποιοτικών, ημιποσοτικών και συστημικών μοντέλων εκτίμησης κινδύνου, αναδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους. Παράλληλα, ευθυγραμμίζεται με τις πρόσφατες ερευνητικές τάσεις που προωθούν τη μετάβαση από στατικές και αποσπασματικές εκτιμήσεις κινδύνου σε ολοκληρωμένες, δυναμικές και προληπτικές προσεγγίσεις ασφάλειας στην κατασκευή (Liu et al., 2023; Tong et al., 2025).

Πίνακας 4.3: Διάκριση άμεσων και υποκείμενων παραγόντων κινδύνου στο σενάριο πτώσης από ύψος.

Κατηγορία παραγόντων	Περιγραφή
Άμεσοι παράγοντες	Ολισθηρή επιφάνεια, απουσία κιγκλιδωμάτων, μη χρήση ζώνης ασφαλείας
Υποκείμενοι παράγοντες	Ελλιπής επίβλεψη, ανεπαρκής κουλτούρα ασφάλειας, πίεση χρόνου
Επίπεδο επιρροής	Επιχειρησιακό και οργανωτικό
Σχέση με πρόληψη	Στοχευμένα τεχνικά μέτρα και συστημικές παρεμβάσεις

4.4 Αναγνώριση και ανάλυση κινδύνων

Η αναγνώριση και ανάλυση των κινδύνων πτώσης από ύψος στο εξεταζόμενο εργοτάξιο αποτελεί το θεμέλιο για την εφαρμογή των επιλεγμένων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου και τη διαμόρφωση τεκμηριωμένων προληπτικών παρεμβάσεων. Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι πτώσεις από ύψος παραμένουν η κυρίαρχη αιτία σοβαρών και θανατηφόρων ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο, γεγονός που αποδίδεται στη σύμπλεξη τεχνικών ελλείψεων, ανθρώπινων παραγόντων και οργανωσιακών αδυναμιών (Khan et al., 2023; Torres et al., 2025). Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης περίπτωσης, η αναγνώριση κινδύνων υιοθετεί συστημική και πολυπαραγοντική προσέγγιση, αποφεύγοντας τη μονοδιάστατη εστίαση αποκλειστικά στη συμπεριφορά του εργαζομένου, όπως έχει επικριθεί σε κλασικές θεωρίες αιτιότητας ατυχημάτων (Hosseini & Jabbarani Torghabeh, 2012).



Σε επίπεδο τεχνικών μέτρων, ο κίνδυνος πτώσης συνδέεται πρωτίστως με την απουσία ή την ανεπαρκή εφαρμογή συλλογικών μέτρων προστασίας, όπως κιγκλιδώματα, προσωρινά δάπεδα εργασίας και συστήματα συγκράτησης άκρων. Η έλλειψη αυτών των μέτρων έχει τεκμηριωθεί ως ένας από τους συχνότερους παράγοντες κινδύνου σε ατυχήματα πτώσης από ύψος, ανεξαρτήτως τύπου έργου ή φάσης κατασκευής (Khan et al., 2023). Επιπλέον, σύγχρονες μελέτες που αξιοποιούν BIM και χωροχρονική ανάλυση καταδεικνύουν ότι οι επικίνδυνες ζώνες πτώσης μεταβάλλονται δυναμικά κατά τη διάρκεια του έργου, καθιστώντας την έλλειψη προσαρμοστικών τεχνικών μέτρων ιδιαίτερα κρίσιμη (L. Wang et al., 2025). Η τεχνική διάσταση του κινδύνου, συνεπώς, δεν αφορά μόνο την ύπαρξη μέτρων αλλά και τη συμβατότητά τους με τις πραγματικές συνθήκες του εργοταξίου.

Οι ανθρώπινοι παράγοντες αποτελούν τον δεύτερο βασικό άξονα αναγνώρισης κινδύνων. Η κόπωση, η μειωμένη εγρήγορση και η μη συμμόρφωση με τις προβλεπόμενες διαδικασίες ασφαλείας έχουν συσχετιστεί άμεσα με αυξημένη πιθανότητα πτώσης από ύψος (Chen & Gu, 2025). Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η φυσική και γνωστική κόπωση, η οποία ενισχύεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως οι υψηλές θερμοκρασίες, και επηρεάζει αρνητικά την ισορροπία και τη λήψη αποφάσεων των εργαζομένων (Fatima et al., 2025; Drescher & Janzen, 2025). Παράλληλα, μελέτες που αξιοποιούν φορετές συσκευές και φυσιολογικά δεδομένα δείχνουν ότι η απώλεια ισορροπίας και η μειωμένη αντίληψη κινδύνου προηγούνται συχνά των ατυχημάτων πτώσης, υπογραμμίζοντας ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά δεν μπορεί να αποσυνδεθεί από τις συνθήκες εργασίας και την οργάνωση του έργου (Duorinaah et al., 2025).

Ο τρίτος άξονας αφορά τις οργανωσιακές αδυναμίες, οι οποίες λειτουργούν ως υποκείμενοι παράγοντες που επιτρέπουν ή ενισχύουν την εκδήλωση επικίνδυνων καταστάσεων. Η ελλιπής επίβλεψη, η ανεπαρκής εκπαίδευση και η απουσία συστηματικής αξιολόγησης κινδύνων έχουν αναγνωριστεί ως κρίσιμες αδυναμίες στη διαχείριση της ασφάλειας στα εργοτάξια (Bourahla et al., 2024). Σύμφωνα με τους Torres et al. (2025), οι οργανωσιακές πρακτικές καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη συμμόρφωση των εργαζομένων και την αποτελεσματικότητα των τεχνικών μέτρων, καθώς η ασφάλεια ενσωματώνεται ή όχι στην καθημερινή λειτουργία του έργου. Η παρούσα μελέτη ευθυγραμμίζεται με αυτή τη θεώρηση, αντιμετωπίζοντας την πτώση από ύψος ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης τεχνικών, ανθρώπινων και διοικητικών παραγόντων και όχι ως μεμονωμένο σφάλμα.



Πίνακας 4.4: Ενδεικτική ταξινόμηση κινδύνων πτώσης από ύψος στο εργοτάξιο.

Κατηγορία κινδύνου	Ενδεικτικοί παράγοντες
Τεχνικά μέτρα	Έλλειψη κιγκλιδωμάτων, προσωρινών δαπέδων, συστημάτων συγκράτησης
Ανθρώπινοι παράγοντες	Κόπωση, μειωμένη αντίληψη κινδύνου, μη συμμόρφωση
Οργανωσιακές αδυναμίες	Ελλιπής επίβλεψη, ανεπαρκής εκπαίδευση, απουσία συστηματικής αξιολόγησης

Η σύνδεση της αναγνώρισης κινδύνων με τη διεθνή βιβλιογραφία για τα ατυχήματα πτώσης από ύψος (Falls from Height /FFH) επιβεβαιώνει την αναγκαιότητα πολυεπίπεδης ανάλυσης. Οι Khan & Nnaji (2025) αναδεικνύουν ότι ακόμη και καινοτόμες τεχνολογικές παρεμβάσεις, όπως εξωσκελετοί ή συστήματα παρακολούθησης, δεν επαρκούν εάν δεν ενταχθούν σε ένα συνεκτικό οργανωσιακό πλαίσιο ασφάλειας. Αντίστοιχα, οι Torres et al. (2025) υπογραμμίζουν ότι οι στρατηγικές πρόληψης αποτυγχάνουν όταν περιορίζονται σε αποσπασματικά μέτρα και δεν βασίζονται σε συστηματική αναγνώριση κινδύνων.

4.5 Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης κινδύνου

Η πτώση από ύψος αποτελεί διαχρονικά έναν από τους πλέον κρίσιμους και θανατηφόρους κινδύνους στα εργοτάξια, γεγονός που έχει τεκμηριωθεί εκτενώς στη διεθνή βιβλιογραφία της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας (Khan et al., 2023; Bourahla et al., 2024). Η πολυπλοκότητα του φαινομένου, η συνύπαρξη τεχνικών, οργανωσιακών και ανθρώπινων παραγόντων, καθώς και η δυναμική φύση του εργοταξιακού περιβάλλοντος καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή περισσότερων του ενός μοντέλων εκτίμησης κινδύνου, ώστε να αποτυπωθεί τόσο η ποιοτική όσο και η ποσοτική διάσταση του κινδύνου πτώσης.

Στη μελέτη περίπτωσης που εξετάζεται, η εκτίμηση του κινδύνου πτώσης από ύψος πραγματοποιείται κλιμακωτά, ξεκινώντας από απλουστευμένες ποιοτικές προσεγγίσεις και καταλήγοντας σε συστημικά και αιτιοκρατικά εργαλεία ανάλυσης. Η συγκεκριμένη λογική επιτρέπει τη συγκριτική αποτίμηση των επιμέρους μεθόδων και την ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και περιορισμών τους σε πραγματικές συνθήκες εργοταξίου.

4.5.1 Ποιοτική εκτίμηση με Risk Matrix



Η Risk Matrix αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα εργαλεία ποιοτικής ή ημιποσοτικής εκτίμησης κινδύνου στην Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας, ιδίως σε περιβάλλοντα υψηλής επικινδυνότητας όπως τα εργοτάξια. Η ευρεία χρήση της οφείλεται στη λειτουργική της απλότητα και στη δυνατότητα άμεσης οπτικοποίησης της επικινδυνότητας μέσω του συνδυασμού δύο βασικών διαστάσεων, της πιθανότητας εκδήλωσης ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και της σοβαρότητας των συνεπειών του (Pinto et al., 2013).

Στο εξεταζόμενο σενάριο πτώσης από ύψος, η εφαρμογή της Risk Matrix βασίζεται σε πενταβάθμια κλίμακα πιθανότητας και σοβαρότητας. Η πιθανότητα εκδήλωσης αξιολογείται λαμβάνοντας υπόψη τη συχνότητα εκτέλεσης εργασιών σε ύψος, το επίπεδο οργάνωσης του εργοταξίου, τη χρήση ή μη συλλογικών και ατομικών μέτρων προστασίας, καθώς και την εμπειρία και εκπαίδευση των εργαζομένων. Αντίστοιχα, η σοβαρότητα των συνεπειών αποτιμάται με βάση τη δυνητική έκβαση ενός συμβάντος πτώσης, η οποία εκτείνεται από ελαφρούς τραυματισμούς έως σοβαρές κακώσεις ή θάνατο, όπως τεκμηριώνεται εκτενώς στη διεθνή βιβλιογραφία για τον κατασκευαστικό κλάδο (Moreira et al., 2024).

Η συνδυαστική αξιολόγηση των δύο αυτών διαστάσεων κατατάσσει την πτώση από ύψος σε κατηγορία υψηλού έως πολύ υψηλού κινδύνου. Το εύρημα αυτό είναι απολύτως συμβατό με τα στατιστικά δεδομένα που καταδεικνύουν ότι οι πτώσεις από ύψος αποτελούν διαχρονικά μία από τις κύριες αιτίες σοβαρών και θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων στα εργοτάξια (Bourahla et al., 2024). Στο πλαίσιο αυτό, η Risk Matrix λειτουργεί αποτελεσματικά ως εργαλείο πρώτης χαρτογράφησης, επιτρέποντας την άμεση αναγνώριση κινδύνων που απαιτούν προτεραιοποίηση προληπτικών παρεμβάσεων.

Η ποιοτική αποτύπωση της επικινδυνότητας του εξεταζόμενου σεναρίου παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 4.5, όπου, με βάση τον συνδυασμό υψηλής πιθανότητας και εξαιρετικά σοβαρών συνεπειών, η πτώση από ύψος κατατάσσεται στην κατηγορία πολύ υψηλού κινδύνου.



Πίνακας 4.5: Ποιοτική εκτίμηση κινδύνου πτώσης από ύψος με Risk Matrix

Σοβαρότητα \ Πιθανότητα ¹	1 Πολύ χαμηλή	2 Χαμηλή	3 Μέτρια	4 Υψηλή	5 Πολύ υψηλή
5 Θάνατος	Μεσαίος	Υψηλός	Υψηλός	Πολύ Υψηλός	Πολύ Υψηλός
4 Πολύ σοβαρός τραυματισμός	Μεσαίος	Μεσαίος	Υψηλός	Πολύ Υψηλός	Πολύ Υψηλός
3 Σοβαρός τραυματισμός	Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός	Υψηλός	Πολύ Υψηλός
2 Ελαφρύς τραυματισμός	Χαμηλός	Χαμηλός	Μεσαίος	Μεσαίος	Υψηλός
1 Αμελητέος	Χαμηλός	Χαμηλός	Χαμηλός	Μεσαίος	Μεσαίος

Η συνδυαστική αξιολόγηση των δύο αυτών διαστάσεων κατατάσσει την πτώση από ύψος σε κατηγορία υψηλού έως πολύ υψηλού κινδύνου

Ωστόσο, παρά τη χρησιμότητά της, η Risk Matrix παρουσιάζει σημαντικούς μεθοδολογικούς περιορισμούς, οι οποίοι καθιστούν αναγκαία την κριτική της χρήση. Όπως επισημαίνει ο Cox (2008), οι πίνακες κινδύνου εμφανίζουν χαμηλή διακριτική ικανότητα, καθώς διαφορετικοί συνδυασμοί πιθανότητας και σοβαρότητας μπορεί να καταλήγουν στην ίδια ποιοτική κατηγορία κινδύνου, συμπιέζοντας το πραγματικό εύρος επικινδυνότητας. Επιπλέον, σε περιπτώσεις όπου η πιθανότητα και η σοβαρότητα δεν είναι ανεξάρτητες μεταβλητές, ενδέχεται να προκύψει αντιστροφή της πραγματικής ιεράρχησης κινδύνων, οδηγώντας σε δυνητικά εσφαλμένες αποφάσεις κατανομής πόρων πρόληψης.

Συνεπώς, στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης περίπτωσης, η Risk Matrix δεν αντιμετωπίζεται ως αυτοτελές εργαλείο λήψης αποφάσεων, αλλά ως αρχικό στάδιο της ανάλυσης κινδύνου. Η αξία της έγκειται κυρίως στη δομημένη αποτύπωση της επικινδυνότητας και στη διευκόλυνση της επικοινωνίας του κινδύνου μεταξύ τεχνικών

¹ Πιθανότητα (P) = 4 (Υψηλή), Τεκμηρίωση: συχνή εργασία σε ύψος, απουσία κιγκλιδωμάτων, ολισθηρή επιφάνεια, μη χρήση συστήματος αναχαίτισης πτώσης.
Σοβαρότητα (S) = 5 (Θάνατος), Τεκμηρίωση: πτώση από ύψος ~3,5 m σε εργοτάξιο, με διεθνώς τεκμηριωμένη πιθανότητα θανατηφόρας έκβασης.



ασφάλειας, διοίκησης και εργαζομένων. Για την πληρέστερη και πιο αξιόπιστη αποτίμηση του κινδύνου πτώσης από ύψος, η ποιοτική αυτή εκτίμηση οφείλει να συμπληρώνεται από πιο αναλυτικά και συστημικά εργαλεία, όπως η μέθοδος Fine-Kinney και οι τεχνικές Bow-Tie και Fault Tree Analysis, τα οποία επιτρέπουν βαθύτερη διερεύνηση αιτιών, φραγμών και σεναρίων αστοχίας.

4.5.2 Ποσοτική εκτίμηση με τη μέθοδο Fine-Kinney

Η μετάβαση από τις ποιοτικές ή ημιποσοτικές προσεγγίσεις εκτίμησης κινδύνου σε πιο αναλυτικά ποσοτικά εργαλεία αποτελεί κρίσιμο βήμα για την τεκμηριωμένη υποστήριξη αποφάσεων πρόληψης στα εργοτάξια. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης περίπτωσης, όπου εξετάζεται σενάριο πτώσης εργαζομένου από ύψος, η μέθοδος Fine-Kinney προσφέρει ένα σαφές και συστηματικό πλαίσιο ιεράρχησης κινδύνων, βασισμένο στον υπολογισμό ενός αριθμητικού δείκτη κινδύνου ως γινόμενο τριών παραμέτρων: της πιθανότητας εκδήλωσης του συμβάντος (Probability), της συχνότητας ή διάρκειας έκθεσης (Exposure) και της σοβαρότητας των συνεπειών (Consequence) (Li et al., 2024).

Στο συγκεκριμένο σενάριο, η εργασία σε ύψος άνω των δύο μέτρων αποτελεί επαναλαμβανόμενη δραστηριότητα, η οποία διεθνώς καταγράφεται ως ένας από τους βασικότερους μηχανισμούς θανατηφόρων ατυχημάτων στον κατασκευαστικό τομέα (Khan et al., 2023; Tanvi Newaz et al., 2022). Η πιθανότητα πτώσης δεν προκύπτει ως σπάνιο ή τυχαίο γεγονός, αλλά ως αποτέλεσμα συνδυασμού τεχνικών και οργανωτικών παραγόντων, όπως ανεπαρκή συλλογικά μέτρα προστασίας, ελλιπής χρήση μέσων ατομικής προστασίας και μεταβαλλόμενες συνθήκες στο εργοτάξιο (Bourahla et al., 2024).

Η παράμετρος της έκθεσης αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα στο πλαίσιο της Fine-Kinney, καθώς λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τη δυνατότητα εκδήλωσης του κινδύνου, αλλά και τη χρονική επαναληψιμότητα της επικίνδυνης δραστηριότητας. Στην παρούσα μελέτη, οι εργαζόμενοι εκτίθενται καθημερινά σε εργασίες σε ύψος, γεγονός που τεκμηριώνεται τόσο από την περιγραφή του εργοταξιακού σεναρίου όσο και από τη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία αναδεικνύει την έκθεση ως καθοριστικό παράγοντα αύξησης του συνολικού επιπέδου κινδύνου (Liu et al., 2023).

Ιδιαίτερα κρίσιμη είναι η παράμετρος των συνεπειών. Η πτώση από ύψος συνδέεται με σοβαρούς τραυματισμούς ή θάνατο, γεγονός που επιβεβαιώνεται από πλήθος επιδημιολογικών και αναλυτικών μελετών στον κατασκευαστικό κλάδο (Moreira et al.,



2024; Cheng et al., 2024). Η ανάθεση της μέγιστης τιμής στη μεταβλητή των συνεπειών δεν αποτελεί υπερβολή, αλλά ρεαλιστική αποτύπωση της δυνητικής βλάβης, ιδίως όταν απουσιάζουν επαρκή μέτρα συλλογικής προστασίας.

Ο υπολογισμός του δείκτη κινδύνου (R) οδηγεί σε εξαιρετικά υψηλή τιμή, η οποία, σύμφωνα με τις κλασικές κλίμακες ερμηνείας της Fine-Kinney, κατατάσσει τον κίνδυνο στην κατηγορία που απαιτεί άμεση και υποχρεωτική παρέμβαση. Το εύρημα αυτό ενισχύει τη χρησιμότητα της μεθόδου ως εργαλείου λήψης αποφάσεων και όχι απλώς ως περιγραφικού μηχανισμού εκτίμησης (Pinto et al., 2013).

Πίνακας 4.6: Υπολογισμός δείκτη κινδύνου Fine–Kinney για πτώση από ύψος.

Παράμετρος	Τιμή	Αιτιολόγηση
Πιθανότητα (P)	6	Συχνή εκτέλεση εργασιών σε ύψος με μεταβαλλόμενες συνθήκες
Έκθεση (E)	10	Καθημερινή και παρατεταμένη έκθεση εργαζομένων
Συνέπειες (C)	40	Δυνητικά θανατηφόρος τραυματισμός
Δείκτης Κινδύνου ($R = P \times E \times C$)	2400	Άμεση ανάγκη λήψης διορθωτικών μέτρων

Ταυτόχρονα, η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι, παρά την ποσοτικοποίηση, η Fine-Kinney εξακολουθεί να εμπεριέχει στοιχεία υποκειμενικότητας, κυρίως στη βαθμολόγηση των επιμέρους παραμέτρων (Cox, 2008). Σύγχρονες προσεγγίσεις, όπως η ενσωμάτωση ασαφών συνόλων και συστημάτων ασαφούς λογικής, επιχειρούν να περιορίσουν αυτή την αδυναμία, χωρίς ωστόσο να αναιρούν την πρακτική αξία της κλασικής μεθόδου σε πραγματικές συνθήκες εργοταξίου (Li et al., 2024).

Συνολικά, η εφαρμογή της Fine-Kinney στο εξεταζόμενο σενάριο πτώσης από ύψος λειτουργεί συμπληρωματικά προς τις προηγούμενες μεθόδους εκτίμησης κινδύνου που παρουσιάστηκαν, προσφέροντας ποσοτικά τεκμήρια τα οποία ενισχύουν τη διαφάνεια, την ιεράρχηση και την τεκμηρίωση των προτεινόμενων μέτρων πρόληψης.

4.5.3 Ανάλυση Bow-Tie



Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, μετά την ποσοτική και ημιποσοτική αποτίμηση του κινδύνου πτώσης από ύψος μέσω πινάκων Risk Matrix και μεθόδων κατάταξης, καθίσταται αναγκαία η μετάβαση σε μια συστημική και ολιστική αναπαράσταση του κινδύνου. Η ανάλυση Bow-Tie επιλέγεται ακριβώς επειδή γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ ποσοτικής εκτίμησης και οργανωσιακής κατανόησης του ατυχήματος, επιτρέποντας τη χαρτογράφηση των αιτιών, των φραγμών και των συνεπειών σε ένα ενιαίο αναλυτικό σχήμα (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012).

Η λογική Bow-Tie βασίζεται στη σύνθεση δύο κλασικών εργαλείων ανάλυσης ατυχημάτων. Από τη μία πλευρά ενσωματώνει τη λογική αιτιότητας τύπου Fault Tree, εστιάζοντας στις απειλές που μπορούν να οδηγήσουν στο κεντρικό ανεπιθύμητο συμβάν. Από την άλλη πλευρά, αξιοποιεί τη λογική Event Tree, αποτυπώνοντας τις πιθανές εξελίξεις και συνέπειες μετά την εκδήλωση του συμβάντος. Η ενδιάμεση θέση του «κόμβου» καθιστά το Bow-Tie ιδιαίτερα κατάλληλο για σενάρια υψηλής επικινδυνότητας, όπως η εργασία σε ύψος σε εργοτάξια, όπου οι αποτυχίες δεν είναι μονοπαραγοντικές αλλά αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης τεχνικών, οργανωτικών και ανθρώπινων παραγόντων (Liu et al., 2023).

Στο εξεταζόμενο σενάριο, το κεντρικό συμβάν ορίζεται ως η απώλεια ισορροπίας ή προστασίας εργαζομένου κατά την εργασία σε ύψος, η οποία δύναται να οδηγήσει σε πτώση. Οι απειλές που προηγούνται του συμβάντος δεν περιορίζονται σε μεμονωμένες παραλείψεις αλλά αντανakλούν δομικές αδυναμίες του συστήματος ασφάλειας. Η απουσία ή η πλημμελής εφαρμογή συλλογικών μέτρων προστασίας, η ανεπαρκής εκπαίδευση, καθώς και οργανωτικές αστοχίες όπως η πίεση χρόνου ή η ελλιπής επίβλεψη, αναγνωρίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία ως κρίσιμοι προγνωστικοί παράγοντες πτώσεων από ύψος (Khan et al., 2023; Torres et al., 2025).

Η προστιθέμενη αξία της ανάλυσης Bow-Tie έγκειται στον σαφή διαχωρισμό μεταξύ προληπτικών φραγμών και κατασταλτικών φραγμών. Οι προληπτικοί φραγμοί αποσκοπούν στη διακοπή της αλυσίδας αιτιότητας πριν από την εκδήλωση του κεντρικού συμβάντος, ενώ οι κατασταλτικοί φραγμοί στοχεύουν στον περιορισμό της σοβαρότητας των συνεπειών μετά την πτώση. Η διάκριση αυτή εναρμονίζεται με σύγχρονες θεωρήσεις της ασφάλειας, οι οποίες αντιλαμβάνονται τα εργατικά ατυχήματα ως αποτέλεσμα διαδοχικών αποτυχιών φραγμών και όχι ως στιγμιαία ανθρώπινα σφάλματα (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012).



Πίνακας 4.7: Ανάλυση Bow-Tie για σενάριο πτώσης από ύψος σε εργοτάξιο.

Απειλές	Προληπτικοί φραγμοί	Κεντρικό συμβάν	Κατασταλτικοί φραγμοί	Συνέπειες
Έλλειψη κιγκλιδωμάτων ή προστατευτικών άκρων	Συλλογικά μέτρα προστασίας (κιγκλιδώματα, δίχτυα)	Πτώση από ύψος		
Ανεπαρκής εκπαίδευση εργαζομένων	Εκπαίδευση και πιστοποίηση για εργασία σε ύψος			
Μη χρήση ΜΑΠ	Έλεγχοι συμμόρφωσης και επίβλεψη		Συστήματα συγκράτησης πτώσης	Σωματικές κακώσεις
Κακή οργάνωση εργοταξίου	Σαφείς διαδικασίες και κατανομή ρόλων		Άμεση ιατρική παρέμβαση	Βαριά τραύματα
Πίεση χρόνου και κόπωση	Ρεαλιστικός προγραμματισμός εργασιών		Σχέδιο έκτακτης ανάγκης	Θανατηφόρο ατύχημα
Περιβαλλοντικοί παράγοντες	Εκτίμηση καιρικών συνθηκών		Διακοπή εργασιών	Νομικές και οικονομικές συνέπειες

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά το γεγονός ότι η Bow-Tie ανάλυση καθιστά ορατές τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ τεχνικών και οργανωτικών μέτρων. Για παράδειγμα, η ύπαρξη συστημάτων συλλογικής προστασίας χάνει μέρος της αποτελεσματικότητάς της όταν δεν συνοδεύεται από επαρκή εκπαίδευση ή σαφή κατανομή αρμοδιοτήτων. Αντίστοιχα, τα ατομικά μέσα προστασίας δεν λειτουργούν ως επαρκής φραγμός όταν απουσιάζει οργανωμένη επιτήρηση και κουλτούρα ασφάλειας στο εργοτάξιο, όπως τεκμηριώνεται σε πρόσφατες εμπειρικές και συστημικές μελέτες (Zhang et al., 2023; Liu et al., 2025).



Σε σύγκριση με τις κλασικές Risk Matrices, οι οποίες συχνά συμπερίζουν διαφορετικά προφίλ κινδύνου σε κοινές κατηγορίες, η Bow-Tie ανάλυση προσφέρει ποιοτικά ανώτερη κατανόηση της δυναμικής του κινδύνου, χωρίς να υποκαθιστά τα ποσοτικά εργαλεία αλλά λειτουργώντας συμπληρωματικά προς αυτά (Cox, 2008). Η ενσωμάτωσή της στο παρόν κεφάλαιο προετοιμάζει το έδαφος για τη συζήτηση που ακολουθεί σχετικά με τη συνδυαστική αξιοποίηση συστημικών μοντέλων και ψηφιακών τεχνολογιών στην πρόληψη πτώσεων από ύψος.

4.5.4 Ανάλυση Fault Tree Analysis (FTA)

Η Fault Tree Analysis (FTA) αποτελεί ένα αιτιοκρατικό και λογικοδομημένο εργαλείο ανάλυσης ατυχημάτων, το οποίο εστιάζει στη συστηματική αποδόμηση ενός ανεπιθύμητου γεγονότος κορυφής (top event) στις επιμέρους αιτίες και συνδυασμούς αιτιών που το προκαλούν. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα της παρούσας μελέτης, τα οποία είτε ποσοτικοποιούν τον κίνδυνο μέσω δεικτών (π.χ. Risk Matrix, Fine-Kinney) είτε τον προσεγγίζουν ολιστικά και πολυκριτηριακά, η FTA επιδιώκει να απαντήσει στο «πώς» και «γιατί» συμβαίνει το ατύχημα, αποκαλύπτοντας τις βαθύτερες αιτιακές αλληλουχίες (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012).

Στο πλαίσιο της μελέτης περίπτωσης πτώσης από ύψος σε εργοτάξιο, η FTA εφαρμόζεται ως συμπληρωματικό εργαλείο αιτιολογικής εμβάθυνσης, έπειτα από την αρχική ιεράρχηση κινδύνων. Η κορυφή του δέντρου ορίζεται ως «Πτώση εργαζομένου από ύψος», ένα συμβάν με υψηλή σοβαρότητα συνεπειών, όπως επιβεβαιώνεται διαχρονικά στη διεθνή βιβλιογραφία για τον κατασκευαστικό κλάδο (Khan et al., 2023; Tanvi Newaz et al., 2022). Η επιλογή της FTA δικαιολογείται από τη δυνατότητά της να αναδεικνύει τόσο τεχνικές όσο και οργανωτικές και ανθρώπινες αιτίες, αποφεύγοντας τη μονοδιάστατη ερμηνεία του ατυχήματος ως απλού «ανθρώπινου σφάλματος».

Η ανάλυση ξεκινά με τη διάσπαση του γεγονότος κορυφής σε δύο βασικές κατηγορίες αιτιών, συνδεδεμένες με λογική πύλη OR: (α) αστοχία ή απουσία μέτρων προστασίας και (β) ανθρώπινο σφάλμα. Η επιλογή της λογικής OR αντανακλά το γεγονός ότι κάθε μία από τις δύο κατηγορίες είναι επαρκής από μόνη της για να οδηγήσει σε πτώση, όπως τεκμηριώνεται τόσο σε εμπειρικές αναλύσεις ατυχημάτων όσο και σε σύγχρονες βάσεις δεδομένων ατυχημάτων (Zhang et al., 2023; Torres et al., 2025).



Η πρώτη κατηγορία, η αστοχία προστασίας, αναλύεται περαιτέρω μέσω λογικής πύλης AND, καθώς η πτώση δεν αποδίδεται απλώς σε έναν μεμονωμένο τεχνικό παράγοντα, αλλά σε συνδυασμό ελλείψεων. Ενδεικτικά, η έλλειψη ή η μη επαρκής εγκατάσταση κιγκλιδωμάτων, σε συνδυασμό με ανεπαρκή επίβλεψη ή έλεγχο εφαρμογής των μέτρων, δημιουργεί ένα περιβάλλον υψηλού κινδύνου, στο οποίο η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται δραστικά (Khan & Nnaji, 2025; Wang et al., 2025). Η προσέγγιση αυτή ευθυγραμμίζεται με σύγχρονες αναλύσεις που αναδεικνύουν τον καθοριστικό ρόλο των συλλογικών μέτρων προστασίας έναντι των ατομικών μέσων (Tanvi Newaz et al., 2022).

Η δεύτερη κατηγορία, το ανθρώπινο σφάλμα, δεν αντιμετωπίζεται ως μεμονωμένη ατομική αδυναμία, αλλά ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης φυσιολογικών, γνωστικών και οργανωτικών παραγόντων. Παράγοντες όπως η σωματική κόπωση, η θερμική καταπόνηση, η μειωμένη επίγνωση κινδύνου και η ανεπαρκής εκπαίδευση έχουν τεκμηριωθεί ως κρίσιμοι επιταχυντές επικίνδυνων συμπεριφορών σε εργασίες σε ύψος (Chen & Gu, 2025; Duorinaah et al., 2025; Ju et al., 2025). Η FTA επιτρέπει την ενσωμάτωση αυτών των παραγόντων στο ίδιο αιτιακό πλαίσιο, αποφεύγοντας την απλουστευτική απόδοση ευθύνης στον εργαζόμενο.

Η προστιθέμενη αξία της FTA στη συγκεκριμένη εργασία έγκειται στη δυνατότητα ιεράρχησης των «βασικών γεγονότων» (basic events) και στον εντοπισμό εκείνων που, αν ελεγχθούν προληπτικά, μειώνουν δραστικά την πιθανότητα ενεργοποίησης του γεγονότος κορυφής. Όπως επισημαίνουν οι Wang et al. (2025), η FTA, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με σύγχρονες μεθόδους ή Bayesian προσεγγίσεις, μπορεί να αποτελέσει ισχυρό εργαλείο στοχευμένης πρόληψης και στρατηγικού σχεδιασμού μέτρων ασφάλειας.

Πίνακας 4.8: Απλουστευμένο Fault Tree για πτώση από ύψος.

Επίπεδο	Γεγονός	Λογική Πύλη	Περιγραφή
Top Event	Πτώση από ύψος	–	Ανεπιθύμητο συμβάν με υψηλή σοβαρότητα
1 ^ο επίπεδο	Αστοχία προστασίας	OR	Τεχνικές και οργανωτικές ελλείψεις
1 ^ο επίπεδο	Ανθρώπινο σφάλμα	OR	Κόπωση, μειωμένη επίγνωση, λάθος συμπεριφορά



Επίπεδο	Γεγονός	Λογική Πύλη	Περιγραφή
2 ^ο επίπεδο	Έλλειψη κιγκλιδωμάτων	AND	Απουσία ή κακή εγκατάσταση συλλογικής προστασίας
2 ^ο επίπεδο	Ανεπαρκής επίβλεψη	AND	Ελλιπής έλεγχος εφαρμογής μέτρων
2 ^ο επίπεδο	Σωματική κόπωση	OR	Φυσιολογική καταπόνηση εργαζομένου
2 ^ο επίπεδο	Ελλιπής εκπαίδευση	OR	Μη επαρκής κατανόηση κινδύνου

Σε συνδυασμό με τα προηγούμενα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου της παρούσας μελέτης, η FTA δεν αντικαθιστά την ποσοτική ή πολυκριτηριακή αξιολόγηση, αλλά τη συμπληρώνει ουσιαστικά. Παρέχει τη «λογική γέφυρα» μεταξύ της αριθμητικής αποτίμησης του κινδύνου και της πρακτικής κατανόησης των μηχανισμών που οδηγούν στην πτώση από ύψος, ενισχύοντας τη συνολική αξιοπιστία της εκτίμησης κινδύνου στο εργοτάξιο.

4.6 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων

Η συνδυαστική εφαρμογή των τεσσάρων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου (Risk Matrix, Fine-Kinney, Bow-Tie και Fault Tree Analysis) στο σενάριο πτώσης από ύψος καταδεικνύει με σαφήνεια ότι καμία μεμονωμένη μέθοδος δεν επαρκεί για την πλήρη και αξιόπιστη κατανόηση της επικινδυνότητας σε ένα δυναμικό και πολύπλοκο εργοταξιακό περιβάλλον. Αντιθέτως, η πολυεπίπεδη προσέγγιση ενισχύει την εγκυρότητα της εκτίμησης, επιτρέποντας τη διασταύρωση αποτελεσμάτων και τη συμπληρωματική αξιοποίηση ποιοτικών, ποσοτικών και συστημικών εργαλείων, όπως επισημαίνεται και στη σύγχρονη βιβλιογραφία της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας (Liu et al., 2023).

Σε επίπεδο ακρίβειας, η Risk Matrix παρέχει μια ταχεία αλλά σχετικά αδρή αποτύπωση του κινδύνου. Η κατάταξη της πτώσης από ύψος στην κατηγορία υψηλού έως πολύ υψηλού κινδύνου είναι απολύτως συνεπής με τα επιδημιολογικά δεδομένα του κατασκευαστικού κλάδου, ωστόσο η μέθοδος δεν επιτρέπει λεπτομερή διάκριση μεταξύ διαφορετικών μηχανισμών αστοχίας ή παραγόντων κινδύνου. Όπως έχει ήδη αναδειχθεί στη διεθνή



βιβλιογραφία, η συμπίεση διαφορετικών συνδυασμών πιθανότητας και σοβαρότητας στην ίδια κατηγορία περιορίζει τη διακριτική ικανότητα του εργαλείου (Cox, 2008). Παρά τον περιορισμό αυτό, η Risk Matrix αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη ως εργαλείο πρώτης χαρτογράφησης και επικοινωνίας του κινδύνου.

Η μέθοδος Fine-Kinney ενισχύει σημαντικά την ακρίβεια της εκτίμησης μέσω της ποσοτικοποίησης του κινδύνου. Η εισαγωγή της παραμέτρου της έκθεσης επιτρέπει τη ρεαλιστικότερη αποτύπωση της καθημερινής επαναληψιμότητας των εργασιών σε ύψος, στοιχείο κρίσιμο για τα εργοτάξια. Ο υψηλός δείκτης κινδύνου που προκύπτει δεν αφήνει περιθώρια εφησυχασμού και υποστηρίζει με σαφήνεια την ανάγκη άμεσων παρεμβάσεων πρόληψης. Παρά ταύτα, η Fine-Kinney εξακολουθεί να εξαρτάται από υποκειμενικές κρίσεις κατά τη βαθμολόγηση των παραμέτρων, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η αριθμητική ακρίβεια δεν ταυτίζεται απαραίτητα με απόλυτη αντικειμενικότητα (Mohandes & Zhang, 2021).

Σε επίπεδο βάθους ανάλυσης, οι συστημικές προσεγγίσεις Bow-Tie και Fault Tree Analysis υπερτερούν σαφώς των προηγούμενων μεθόδων. Η ανάλυση Bow-Tie προσφέρει μια ολοκληρωμένη και οπτικά κατανοητή αναπαράσταση του κινδύνου, καθιστώντας σαφείς τις σχέσεις μεταξύ απειλών, προληπτικών και κατασταλτικών φραγμών και συνεπειών. Η διάκριση αυτή επιτρέπει τη στοχευμένη ενίσχυση των μέτρων ασφάλειας, τόσο πριν όσο και μετά την εκδήλωση του συμβάντος, και αναδεικνύει τη σημασία της οργανωσιακής και διοικητικής διάστασης της πρόληψης.

Η Fault Tree Analysis, από την άλλη πλευρά, εμβαθύνει περαιτέρω στους αιτιακούς μηχανισμούς, αποκαλύπτοντας τις λογικές αλληλουχίες που οδηγούν στην πτώση από ύψος. Η δυνατότητα ιεράρχησης των βασικών γεγονότων και η ανάδειξη συνδυασμών τεχνικών και ανθρώπινων παραγόντων προσδίδουν στη FTA ιδιαίτερη αξία για τη διερεύνηση «γιατί» συνέβη ή θα μπορούσε να συμβεί το ατύχημα. Ωστόσο, η αυξημένη αναλυτική της ισχύς συνοδεύεται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και απαιτήσεις σε δεδομένα και τεχνική κατάρτιση, γεγονός που περιορίζει την άμεση εφαρμογή της σε όλα τα εργοτάξια.

Όσον αφορά την πρακτική χρησιμότητα, καθεμία από τις τέσσερις μεθόδους εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες. Η Risk Matrix και η Fine-Kinney είναι πιο εύχρηστες σε καθημερινές συνθήκες εργοταξίου και κατάλληλες για ταχεία λήψη αποφάσεων. Αντίθετα, οι Bow-Tie και FTA είναι περισσότερο κατάλληλες για αναλυτικές μελέτες, διερεύνηση σοβαρών συμβάντων και στρατηγικό σχεδιασμό συστημάτων ασφάλειας. Η



συμπληρωματικότητά τους επιβεβαιώνει τη θέση της σύγχρονης βιβλιογραφίας ότι ο συνδυασμός ποιοτικών και ποσοτικών προσεγγίσεων αποτελεί βέλτιστη πρακτική στην εκτίμηση κινδύνου στην ΥΑΕ (Liu et al., 2023; Mohandes & Zhang, 2021).

Πίνακας 4.9: Συγκριτική αποτίμηση μοντέλων εκτίμησης κινδύνου πτώσης από ύψος.

Μέθοδος	Ακρίβεια εκτίμησης	Βάθος ανάλυσης	Πρακτική χρησιμότητα σε εργοτάξια
Risk Matrix	Χαμηλή-Μέτρια	Περιορισμένο	Πολύ υψηλή (ταχεία εφαρμογή, επικοινωνία κινδύνου)
Fine-Kinney	Μέτρια-Υψηλή	Μέτριο	Υψηλή (ιεράρχηση και τεκμηρίωση παρεμβάσεων)
Bow-Tie	Υψηλή (ποιοτικά)	Υψηλό	Μέτρια (απαιτεί ανάλυση και εκπαίδευση)
Fault Tree Analysis	Πολύ υψηλή (αιτιοκρατική)	Πολύ υψηλό	Χαμηλότερη (κατάλληλη για εις βάθος μελέτες)

Η συγκριτική ανάλυση επιβεβαιώνει ότι η αποτελεσματική πρόληψη πτώσεων από ύψος δεν μπορεί να βασιστεί σε ένα μόνο εργαλείο. Η συνδυαστική χρήση απλών και σύνθετων μοντέλων επιτρέπει τόσο την άμεση αναγνώριση κρίσιμων κινδύνων όσο και τη βαθύτερη κατανόηση των μηχανισμών που τους παράγουν, ενισχύοντας τη συνολική αξιοπιστία και πρακτική αξία της εκτίμησης κινδύνου στο εργοτάξιο.



5. Κεφάλαιο: Κοινωνικοοικονομική Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Μετά την ολοκλήρωση της μελέτης περίπτωσης και τη συγκριτική εφαρμογή των τεσσάρων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στο σενάριο πτώσης από ύψος, καθίσταται αναγκαία η μετατόπιση από το καθαρά αναλυτικό επίπεδο στο επίπεδο της ερμηνείας και της κοινωνικοοικονομικής αποτίμησης. Το προηγούμενο κεφάλαιο έδειξε ότι ο κίνδυνος πτώσης από ύψος δεν αποτελεί ένα απλό τεχνικό πρόβλημα, αλλά ένα πολυπαραγοντικό φαινόμενο που επηρεάζεται από τεχνικές ελλείψεις, ανθρώπινες συμπεριφορές και οργανωσιακές αδυναμίες. Στο σημείο αυτό, συνεπώς, το ενδιαφέρον δεν περιορίζεται πλέον στο ποιο μοντέλο αποδίδει καλύτερα τον κίνδυνο, αλλά επεκτείνεται στο τι σημαίνουν αυτά τα ευρήματα για την ασφάλεια των εργαζομένων, τη λειτουργία του εργοταξίου, τη βιωσιμότητα του έργου και τη στρατηγική των επιχειρήσεων.

Υπό αυτή τη λογική, το πέμπτο κεφάλαιο δεν λειτουργεί απλώς ως μια περιγραφική παράθεση συνεπειών, αλλά ως κρίκος σύνδεσης ανάμεσα στα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου και στις ευρύτερες διοικητικές, οικονομικές και κοινωνικές προεκτάσεις τους. Η διεθνής βιβλιογραφία έχει δείξει ότι η αποτελεσματική διαχείριση της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας δεν συνδέεται μόνο με τη μείωση των ατυχημάτων, αλλά και με τη βελτίωση της απόδοσης των έργων, την ενίσχυση της κοινωνικής βιωσιμότητας και τη συγκρότηση μιας πιο ώριμης οργανωσιακής κουλτούρας πρόληψης (Bourahla et al., 2024; Mohandes & Zhang, 2021).

5.1 Σύνδεση των ευρημάτων της μελέτης περίπτωσης με τη θεωρία και τη σύγχρονη βιβλιογραφία της ΥΑΕ

Η συγκριτική εφαρμογή των τεσσάρων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου στο σενάριο πτώσης από ύψος δεν οδήγησε απλώς σε μια τεχνική αποτίμηση της επικινδυνότητας, αλλά ανέδειξε με συνέπεια ένα βασικό εύρημα της σύγχρονης βιβλιογραφίας της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας στις κατασκευές. Οι πτώσεις από ύψος εξακολουθούν να αποτελούν μία από τις σοβαρότερες και πιο επίμονες μορφές επαγγελματικού κινδύνου στον κατασκευαστικό κλάδο, τόσο ως προς τη συχνότητά τους όσο και ως προς τη βαρύτητα των συνεπειών τους (Khan et al., 2023; Tanvi Newaz et al., 2022). Υπό αυτή την έννοια, το αποτέλεσμα της μελέτης περίπτωσης δεν είναι ένα μεμονωμένο ή τυχαίο συμπέρασμα, αλλά εντάσσεται σε ένα ήδη τεκμηριωμένο ερευνητικό πλαίσιο που περιγράφει τις πτώσεις από ύψος ως διαχρονικό πυρήνα της εργοταξιακής επικινδυνότητας.



Η σύγκλιση των τεσσάρων μοντέλων προς μια υψηλή ή πολύ υψηλή αποτίμηση του κινδύνου έχει ιδιαίτερη θεωρητική σημασία. Δείχνει ότι, ακόμη και όταν αλλάζει η λογική της ανάλυσης, από την απλή ποιοτική ταξινόμηση έως τη συστημική διερεύνηση αιτιών και φραγμών, το βασικό συμπέρασμα παραμένει σταθερό. Το συγκεκριμένο σενάριο πτώσης από ύψος δεν αποτελεί έναν περιφερειακό ή διαχειρίσιμο κίνδυνο χαμηλής προτεραιότητας, αλλά μια συνθήκη που απαιτεί άμεση και πολυεπίπεδη προληπτική παρέμβαση. Το εύρημα αυτό είναι απολύτως συμβατό με τις συστηματικές ανασκοπήσεις που έχουν δείξει ότι οι πτώσεις από ύψος συνδέονται επανειλημμένα με ελλείψεις σε συλλογικά μέσα προστασίας, με πλημμελή εκπαίδευση, με οργανωτικές αδυναμίες και με επικίνδυνες συμπεριφορές που αναπτύσσονται σε περιβάλλοντα πίεσης και αβεβαιότητας (Khan et al., 2023; Tanvi Newaz et al., 2022; Newaz et al., 2024).

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μελέτης περίπτωσης γίνεται πιο ουσιαστική όταν ενταχθεί στη συστημική θεώρηση της αιτιότητας των εργατικών ατυχημάτων. Σύμφωνα με τη σχετική θεωρητική παράδοση, τα ατυχήματα στις κατασκευές δεν μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά σε ένα μεμονωμένο λάθος του εργαζομένου ή σε μία αποσπασματική τεχνική αστοχία. Αντίθετα, αποτελούν προϊόν αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε τεχνικά χαρακτηριστικά του χώρου, οργανωτικές επιλογές, επίπεδο επίβλεψης, εκπαίδευση, συνθήκες πίεσης και ανθρώπινη συμπεριφορά (Hosseini & Jabbarani Torghabeh, 2012). Το θεωρητικό αυτό σχήμα επιβεβαιώθηκε και στο παρόν παράδειγμα, όπου η πτώση από ύψος δεν προέκυψε ως συνέπεια ενός μόνο παράγοντα, αλλά ως αποτέλεσμα συνδυασμού ανεπαρκούς προστασίας ακμών, πιθανής πλημμελούς χρήσης μέσων ατομικής προστασίας, οργανωσιακών αδυναμιών και ανθρώπινων παραγόντων, όπως η κόπωση ή η υποεκτίμηση του κινδύνου.

Ακριβώς σε αυτό το σημείο αναδεικνύεται και η θεωρητική αξία της χρήσης περισσότερων του ενός μοντέλων. Η μήτρα κινδύνου λειτούργησε ως ένα πρώτο εργαλείο χαρτογράφησης της επικινδυνότητας, επιτρέποντας την άμεση ταξινόμηση του σεναρίου σε υψηλή κατηγορία κινδύνου. Ωστόσο, το αποτέλεσμα αυτό πρέπει να διαβαστεί κριτικά, καθώς η σχετική βιβλιογραφία έχει δείξει ότι οι μήτρες κινδύνου εμφανίζουν περιορισμένη διακριτική ικανότητα, συμπιέζουν διαφορετικά προφίλ κινδύνου στην ίδια κατηγορία και ενδέχεται να οδηγήσουν σε υπεραπλούστευση της πραγματικής κατάστασης (Cox, 2008). Συνεπώς, η χρησιμότητα της μεθόδου έγκειται κυρίως στην αρχική ιεράρχηση και στην



επικοινωνία του κινδύνου και λιγότερο στην εις βάθος κατανόηση των μηχανισμών που τον παράγουν.

Η μέθοδος Fine-Kinney παρείχε ισχυρότερη αριθμητική τεκμηρίωση της σοβαρότητας του σεναρίου, επειδή ενσωμάτωσε όχι μόνο την πιθανότητα και τη βαρύτητα των συνεπειών, αλλά και τη συχνότητα έκθεσης. Η συμβολή της είναι θεωρητικά σημαντική, διότι αναδεικνύει ότι στις κατασκευές η επικινδυνότητα δεν εξαρτάται μόνο από το πόσο καταστροφικό μπορεί να είναι ένα γεγονός, αλλά και από το πόσο συχνά οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε αυτό. Η σχετική βιβλιογραφία έχει δείξει ότι η Fine-Kinney, ιδίως σε νεότερες επεξεργασμένες εκδοχές της, επιτρέπει σαφέστερη διαφοροποίηση μεταξύ κινδύνων και προσφέρει πιο λειτουργική ιεράρχηση μέτρων πρόληψης (Li et al., 2024). Παρ' όλα αυτά, ούτε αυτή η μέθοδος εξαλείφει πλήρως την υποκειμενικότητα, αφού η βαθμολόγηση των παραμέτρων εξακολουθεί να επηρεάζεται από την εμπειρία και την κρίση του αξιολογητή (Liu et al., 2023).

Από την άλλη πλευρά, η ανάλυση Bow-Tie και η ανάλυση δέντρου σφαλμάτων προσέφεραν μεγαλύτερο θεωρητικό βάθος, επειδή μετέφεραν το ενδιαφέρον από την απλή βαθμολόγηση στη δομή του ίδιου του ατυχήματος. Η πρώτη ανέδειξε με σαφήνεια τη σχέση μεταξύ απειλών, προληπτικών φραγμών, κεντρικού συμβάντος και συνεπειών, επιβεβαιώνοντας ότι η αποτυχία της πρόληψης είναι συχνά αποτέλεσμα πολλαπλών ανεπαρειών και όχι ενός μόνο σφάλματος. Η δεύτερη επέτρεψε την αποδόμηση του ατυχήματος σε λογικές αλληλουχίες βασικών γεγονότων, προσφέροντας σαφέστερη κατανόηση των αιτιωδών διαδρομών που οδηγούν στην πτώση. Η σχετική βιβλιογραφία στηρίζει ακριβώς αυτή τη συστημική κατεύθυνση, επισημαίνοντας ότι η αξιόπιστη εκτίμηση κινδύνου στις κατασκευές απαιτεί πλέον εργαλεία που δεν περιορίζονται στην ταξινόμηση, αλλά διερευνούν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ παραγόντων και την αποτελεσματικότητα των φραγμών προστασίας (Liu et al., 2023; Mohandes et al., 2025; Wang et al., 2025).

Ένα ακόμη κρίσιμο σημείο σύνδεσης με τη σύγχρονη βιβλιογραφία αφορά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης δεν ενισχύουν τη λογική της μονομερούς πρόληψης. Δεν προκύπτει από πουθενά ότι οι πτώσεις από ύψος μπορούν να αποτραπούν με ένα μόνο μέτρο, ούτε ότι ένα μόνο εργαλείο αξιολόγησης επαρκεί για την ορθή αποτίμησή τους. Αντίθετα, οι πιο πρόσφατες έρευνες συγκλίνουν στην ανάγκη ολοκληρωμένων πλαισίων εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνου, στα οποία συνδυάζονται η κλασική αξιολόγηση, η πολυκριτηριακή σκέψη, η ανάλυση αιτιών, η ενίσχυση των



φραγμών και, σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ψηφιακές τεχνολογίες παρακολούθησης και πρόβλεψης (Liu et al., 2023; Mohandes et al., 2025; Cheng et al., 2024; Liu, Ding, & Luo, 2025). Το παρόν εύρημα ευθυγραμμίζεται πλήρως με αυτή την κατεύθυνση, καθώς έδειξε ότι η ουσιαστική κατανόηση του κινδύνου πτώσης από ύψος προκύπτει μόνο όταν συνδυάζονται διαφορετικές οπτικές ανάλυσης.

Πίνακας 5.1: Σύνδεση ευρημάτων της μελέτης περίπτωσης με τη θεωρία και τη βιβλιογραφία της ΥΑΕ.

Εύρημα της μελέτης περίπτωσης	Θεωρητική και βιβλιογραφική ερμηνεία
Και τα τέσσερα μοντέλα κατέληξαν σε υψηλή επικινδυνότητα για την πτώση από ύψος	Οι πτώσεις από ύψος καταγράφονται συστηματικά ως μία από τις κυριότερες αιτίες σοβαρών και θανατηφόρων ατυχημάτων στις κατασκευές (Khan et al., 2023; Tanvi Newaz et al., 2022)
Ο κίνδυνος δεν προέκυψε από έναν μόνο παράγοντα	Τα εργατικά ατυχήματα ερμηνεύονται ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης τεχνικών, οργανωτικών και ανθρώπινων παραγόντων (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012)
Η Risk Matrix ήταν χρήσιμη για πρώτη ιεράρχηση	Οι μήτρες κινδύνου είναι πρακτικές, αλλά εμφανίζουν περιορισμούς ακρίβειας και διακριτικής ικανότητας (Cox, 2008)
Η Fine–Kinney έδωσε ισχυρότερη ποσοτική τεκμηρίωση	Η ενσωμάτωση της έκθεσης βελτιώνει την ιεράρχηση, χωρίς να εξαλείφει πλήρως την υποκειμενικότητα (Li et al., 2024; Liu et al., 2023)
Τα Bow–Tie και FTA ανέδειξαν βαθύτερους μηχανισμούς	Οι σύγχρονες προσεγγίσεις ΥΑΕ δίνουν έμφαση σε φραγμούς, αιτιώδεις αλληλουχίες και διασυνδέσεις παραγόντων (Liu et al., 2023; Mohandes et al., 2025; Wang et al., 2025)
Η πρόληψη απαιτεί συνδυαστική προσέγγιση	Η διεθνής βιβλιογραφία υποστηρίζει πολυεπίπεδα πλαίσια εκτίμησης και διαχείρισης κινδύνου για τις κατασκευές (Liu et al., 2023; Mohandes et al., 2025)



Συνεπώς, η παρούσα μελέτη περίπτωσης επιβεβαιώνει δύο αλληλένδετα θεωρητικά συμπεράσματα. Πρώτον, ότι ο κίνδυνος πτώσης από ύψος στις κατασκευές παραμένει υψηλής σοβαρότητας και απαιτεί προτεραιοποίηση σε κάθε σύστημα ΥΑΕ. Δεύτερον, ότι η αξιόπιστη εκτίμησή του δεν είναι δυνατόν να στηριχθεί αποκλειστικά ούτε σε ένα μέτρο πρόληψης ούτε σε ένα μόνο μοντέλο αξιολόγησης. Η συνδυαστική αξιοποίηση απλούστερων και βαθύτερων εργαλείων καθιστά την εκτίμηση κινδύνου περισσότερο θεωρητικά συνεπή, επιχειρησιακά αξιοποιήσιμη και πρακτικά χρήσιμη για το εργοτάξιο.

5.2 Κοινωνικές και εργασιακές διαστάσεις των ευρημάτων

Προηγουμένως αναδείχθηκε ότι τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης είναι συμβατά με τη σύγχρονη βιβλιογραφία της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας, η οποία καταγράφει την πτώση από ύψος ως έναν από τους σοβαρότερους κινδύνους στον κατασκευαστικό τομέα. Ωστόσο, η σημασία των ευρημάτων δεν εξαντλείται στη συγκριτική αξιολόγηση των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου. Αντίθετα, αποκτά ιδιαίτερο βάθος όταν μεταφερθεί από το επίπεδο της τεχνικής ανάλυσης στο επίπεδο του εργαζομένου, του καθημερινού εργοταξιακού βίου και της οργανωσιακής λειτουργίας της ασφάλειας. Με αυτή την έννοια, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν περιγράφουν απλώς έναν αυξημένο δείκτη επικινδυνότητας, αλλά φωτίζουν τις κοινωνικές και εργασιακές προεκτάσεις που συνοδεύουν ένα σοβαρό συμβάν πτώσης από ύψος.

Η πτώση από ύψος δεν συνιστά μόνο τεχνική αστοχία ή αποτυχία εφαρμογής ενός μέτρου πρόληψης. Πρόκειται για γεγονός με ισχυρό ανθρωπινό και κοινωνικό αποτύπωμα, το οποίο επηρεάζει άμεσα τη σωματική ακεραιότητα, την ψυχολογική κατάσταση και τη μελλοντική επαγγελματική πορεία του εργαζομένου. Στον κατασκευαστικό κλάδο, όπου η εργασία συνδέεται με έντονη σωματική επιβάρυνση, υψηλές απαιτήσεις συγκέντρωσης και διαρκή έκθεση σε μεταβαλλόμενες συνθήκες, ένα σοβαρό ατύχημα μπορεί να οδηγήσει όχι μόνο σε πρόσκαιρη ανικανότητα, αλλά και σε μακροχρόνιο αποκλεισμό από την εργασία, σε απώλεια εισοδήματος και σε διατάραξη της οικογενειακής και κοινωνικής ζωής του θύματος (Amissah et al., 2019). Επομένως, η εκτίμηση κινδύνου δεν αφορά μόνο τη μείωση μιας πιθανότητας συμβάντος, αλλά και την προστασία της συνολικής εργασιακής υπόστασης του ανθρώπου.

Η διάσταση αυτή συνδέεται άμεσα με την έννοια της εργασιακής ευημερίας. Οι Carvajal-Arango et al. (2021), προσεγγίζοντας την ευημερία των εργαζομένων στις κατασκευές από



τη σκοπιά των ίδιων των εργαζομένων, έδειξαν ότι καθοριστικοί παράγοντες της εργασιακής εμπειρίας είναι το φυσικό περιβάλλον εργασίας, οι διαπροσωπικές σχέσεις, η αναγνώριση, η αίσθηση νοήματος της εργασίας και η προστασία της φυσικής και ψυχικής υγείας. Υπό αυτό το πρίσμα, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, τα οποία ανέδειξαν ως κρίσιμους παράγοντες του σεναρίου την ανεπαρκή προστασία ακμών, τη μη συστηματική χρήση μέσων ατομικής προστασίας, την κόπωση και τις οργανωσιακές αδυναμίες, δεν ερμηνεύονται μόνο ως παράμετροι τεχνικής επικινδυνότητας. Ερμηνεύονται ταυτόχρονα ως ενδείξεις ενός περιβάλλοντος εργασίας που δεν κατορθώνει να εξασφαλίσει σταθερή αίσθηση ασφάλειας, φροντίδας και οργανωμένης πρόληψης για τον εργαζόμενο.

Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι η ασφάλεια στο εργοτάξιο δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ύπαρξη τεχνικών μέσων, αλλά από τον τρόπο με τον οποίο τα μέσα αυτά ενσωματώνονται στην καθημερινή πρακτική. Οι Khan et al. (2023) υπογραμμίζουν ότι οι πτώσεις από ύψος συνδέονται επαναλαμβανόμενα με παράγοντες όπως η ελλιπής εκπαίδευση, η μη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού, η περιορισμένη εποπτεία και η αδύναμη διαχείριση της ασφάλειας. Αντίστοιχα, η ανάλυση γνώσης από αναφορές ατυχημάτων των Liu et al. (2025) έδειξε ότι η ανεπαρκής προστασία ακμών, η έλλειψη κατάρτισης και η πλημμελής διαχείριση της ασφάλειας εμφανίζονται σταθερά ως κομβικοί παράγοντες στα ατυχήματα πτώσης από ύψος. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης δείχνουν ότι το ζήτημα δεν είναι μόνο αν υπάρχουν φραγμοί προστασίας, αλλά αν το εργοτάξιο λειτουργεί ως σύστημα που καθιστά αυτούς τους φραγμούς αναγκαίους, κατανοητούς, ελέγξιμους και καθημερινά εφαρμόσιμους.

Σε αυτό το σημείο αναδεικνύεται η σημασία της εκπαίδευσης και της οργανωσιακής συμπεριφοράς. Η αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης στην ΥΑΕ δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως τυπική διοικητική διαδικασία, αλλά ως κρίσιμος μηχανισμός διαμόρφωσης ασφαλούς συμπεριφοράς. Οι Cao et al. (2023) έδειξαν ότι το αποτέλεσμα της εκπαίδευσης των εργαζομένων στις κατασκευές επηρεάζεται από πολλαπλούς παράγοντες, και ότι η ποιότητα, η συνέπεια και η λειτουργική σύνδεση της εκπαίδευσης με τις πραγματικές συνθήκες του έργου είναι καθοριστικές για την πρόληψη ατυχημάτων. Αντίστοιχα, οι Zhang et al. (2023) ανέδειξαν ότι η συμπεριφορά της διοίκησης και ειδικότερα η ενεργός συμμετοχή της στην ασφάλεια επιδρά ουσιαστικά στη μείωση των μη ασφαλών συμπεριφορών των εργαζομένων. Με βάση αυτά τα δεδομένα, τα ευρήματα της παρούσας εργασίας μπορούν να ερμηνευθούν και ως δείκτες ελλιπούς κουλτούρας



ασφάλειας, δηλαδή ενός περιβάλλοντος όπου οι κανόνες υπάρχουν ενδεχομένως σε τυπικό επίπεδο, αλλά δεν μετατρέπονται πάντοτε σε σταθερή καθημερινή πρακτική.

Η κουλτούρα ασφάλειας αποτελεί εδώ κεντρική έννοια. Όπως επισημαίνουν οι Tong et al. (2025), η σύγχρονη έρευνα στην επαγγελματική ασφάλεια μετατοπίζεται ολοένα περισσότερο από τη στενή διαχείριση κινδύνων προς ευρύτερα, ευφυή και προβλεπτικά συστήματα ασφάλειας, χωρίς όμως να παραγνωρίζει ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά και η οργανωσιακή ωριμότητα παραμένουν θεμελιώδεις. Σε εργοτάξια όπου κυριαρχεί η πίεση χρόνου, η έμφαση στο κόστος και η ανοχή σε πρακτικές παράκαμψης των κανόνων, οι εργαζόμενοι τείνουν να αποδέχονται αυξημένα επίπεδα κινδύνου ως στοιχείο της «κανονικής» εργασιακής καθημερινότητας (Newaz et al., 2024). Αντίθετα, όπου η διοίκηση επενδύει στη συμμετοχική αναγνώριση κινδύνων, στη σταθερή επίβλεψη, στην ανατροφοδότηση και στην ουσιαστική εκπαίδευση, η ασφάλεια μετατρέπεται σε κοινή αξία και όχι σε εξωτερικά επιβαλλόμενη υποχρέωση. Υπό αυτή την έννοια, η παρούσα μελέτη δεν καταλήγει μόνο στην αναγνώριση παραγόντων πτώσης από ύψος, αλλά και στην ανάγκη ενίσχυσης μιας πιο ώριμης κουλτούρας πρόληψης (Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.2: Κοινωνικές και εργασιακές προεκτάσεις των βασικών ευρημάτων της μελέτης περίπτωσης.

Βασικό εύρημα της μελέτης περίπτωσης	Κοινωνική και εργασιακή διάσταση
Ανεπαρκής προστασία ακμών και συλλογικών μέτρων	Ενισχύεται το αίσθημα έκθεσης σε κίνδυνο και αποδυναμώνεται η εμπιστοσύνη των εργαζομένων προς την οργανωτική επάρκεια του έργου
Μη συστηματική χρήση μέσων ατομικής προστασίας	Υποδηλώνεται αδυναμία εσωτερίκευσης των κανόνων ασφάλειας και πιθανή κανονικοποίηση μη ασφαλών πρακτικών
Κόπωση και εργασιακή πίεση	Αυξάνονται οι πιθανότητες λανθασμένης κρίσης, απώλειας συγκέντρωσης και ψυχολογικής επιβάρυνσης του προσωπικού
Ελλιπής εκπαίδευση και περιορισμένη επίβλεψη	Μειώνεται η ικανότητα πρόληψης, υπονομεύεται η ασφαλής συμπεριφορά και αποδυναμώνεται η κουλτούρα ασφάλειας



Οργανωσιακές ελλείψεις στη διαχείριση ασφάλειας	Το πρόβλημα μετατοπίζεται από την «ατομική ευθύνη» στη συστημική ανεπάρκεια του εργοταξίου ως χώρου προστατευμένης εργασίας
--	---

Η εργασιακή διάσταση των ευρημάτων αφορά επίσης το ηθικό και την ψυχολογική σταθερότητα του προσωπικού. Ένα σοβαρό ατύχημα ή ακόμη και η επίγνωση ότι οι συνθήκες εργασίας χαρακτηρίζονται από αυξημένη πιθανότητα σοβαρής πτώσης επηρεάζει άμεσα το αίσθημα εμπιστοσύνης των εργαζομένων προς τη διοίκηση, την αίσθηση ελέγχου που έχουν κατά την εκτέλεση των καθηκόντων τους και την προθυμία τους να λειτουργήσουν με αυτοπεποίθηση και συγκέντρωση. Η ανασφάλεια, η κόπωση και η αίσθηση ότι το περιβάλλον δεν είναι επαρκώς προστατευμένο ενδέχεται να οδηγήσουν σε αυξημένο άγχος, σε γνωστική επιβάρυνση και τελικά σε επιδείνωση της απόδοσης και της ασφαλούς συμπεριφοράς (Carvajal-Arango et al., 2021). Κατά συνέπεια, η πρόληψη των πτώσεων από ύψος συνδέεται στενά όχι μόνο με τη μείωση των ατυχημάτων, αλλά και με τη βελτίωση της ποιότητας της εργασιακής εμπειρίας.

Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι τα ευρήματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν τον πολυπαραγοντικό χαρακτήρα της εργοταξιακής επικινδυνότητας. Η πτώση από ύψος δεν είναι αποτέλεσμα μίας μόνο αιτίας, αλλά προϊόν αλληλεπίδρασης τεχνικών, οργανωτικών, περιβαλλοντικών και ανθρώπινων παραγόντων. Η θέση αυτή είναι συμβατή τόσο με τις κλασικές θεωρίες αιτιολόγησης ατυχημάτων στις κατασκευές όσο και με τις σύγχρονες προσεγγίσεις που αναλύουν τις πτώσεις μέσα από δίκτυα παραγόντων, δυναμικά μοντέλα και συστήματα πραγματικού χρόνου (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012; Cheng et al., 2024). Συνεπώς, η κοινωνική και εργασιακή ανάγνωση των αποτελεσμάτων ενισχύει το γενικότερο συμπέρασμα της εργασίας ότι η πρόληψη δεν μπορεί να στηρίζεται σε μονοδιάστατες παρεμβάσεις, αλλά απαιτεί ολοκληρωμένο και συστημικό σχεδιασμό.

Συνοψίζοντας, η αξία των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας δεν περιορίζεται στη θεωρητική συγκριτική αποτίμηση των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου. Τα ευρήματα αποκτούν ουσιαστικό περιεχόμενο επειδή δείχνουν ότι η εκτίμηση κινδύνου συνδέεται άμεσα με την εργασιακή ευημερία, τη συμπεριφορική ασφάλεια, την εμπιστοσύνη προς τη διοίκηση και τη γενικότερη κοινωνική διάσταση της προστασίας της εργασίας στον κατασκευαστικό τομέα. Με άλλα λόγια, η αποτελεσματική πρόληψη της πτώσης από ύψος



δεν αποτελεί μόνο τεχνικό ζητούμενο, αλλά βασικό όρο αξιοπρεπούς, ασφαλούς και κοινωνικά υπεύθυνης οργάνωσης της εργασίας.

5.3 Επιπτώσεις των ατυχημάτων και των προληπτικών μέτρων στην παραγωγικότητα και στην οικονομική βιωσιμότητα του έργου

Η Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας δεν αποτελεί εξωτερική ή παράλληλη διοικητική υποχρέωση, αλλά συνιστά κρίσιμο παράγοντα που επηρεάζει άμεσα τη σταθερότητα της παραγωγικής διαδικασίας, την οργανωσιακή συνέχεια και τελικά την οικονομική βιωσιμότητα του έργου.

Στον κατασκευαστικό κλάδο, ένα ατύχημα πτώσης από ύψος, ακόμη και όταν δεν είναι θανατηφόρο, μπορεί να επιφέρει άμεση διακοπή εργασιών, προσωρινή αναστολή συγκεκριμένων δραστηριοτήτων, ανακατανομή προσωπικού, αύξηση του διοικητικού φόρτου και ανάγκη διερεύνησης του συμβάντος. Παράλληλα, συχνά επιβάλλεται επανέλεγχος μέτρων προστασίας, επικαιροποίηση διαδικασιών, αναθεώρηση καθηκόντων και σε ορισμένες περιπτώσεις αναπροσαρμογή του χρονοδιαγράμματος του έργου. Οι συνέπειες αυτές δεν εμφανίζονται μόνο στις σοβαρότερες περιπτώσεις. Ακόμη και ένα μη θανατηφόρο ατύχημα μπορεί να προκαλέσει σημαντικές λειτουργικές διαταραχές, ιδίως όταν επηρεάζει κρίσιμα συνεργεία ή φάσεις του έργου που συνδέονται με εξαρτώμενες δραστηριότητες.

Η βιβλιογραφία υποστηρίζει με σαφήνεια ότι τα ατυχήματα στις κατασκευές συνδέονται με δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγικότητα και στη συνολική επίδοση των έργων. Οι Bourahla et al. (2024), μέσα από τη βιβλιογραφική τους ανασκόπηση, υπογραμμίζουν ότι η αποτελεσματική διαχείριση της ΥΑΕ ενισχύει την απόδοση του έργου, επειδή περιορίζει τα ατυχήματα και τις διακοπές, βελτιώνει το ηθικό των εργαζομένων και ενισχύει τη λειτουργική εικόνα του οργανισμού. Αντίστοιχα, οι Mohandes & Zhang (2021) επισημαίνουν ότι η ολιστική εκτίμηση κινδύνων δεν σχετίζεται μόνο με την προστασία των εργαζομένων, αλλά και με τη συνολική βελτίωση της επίδοσης των έργων, ακριβώς επειδή επιτρέπει καλύτερη ιεράρχηση κινδύνων, πιο στοχευμένη κατανομή πόρων και αποτελεσματικότερη πρόληψη δυσλειτουργιών.

Η συσχέτιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στην παρούσα μελέτη περίπτωσης, όπου οι κρίσιμοι παράγοντες κινδύνου, όπως η ανεπαρκής προστασία ακμών, η μη συστηματική χρήση μέσων ατομικής προστασίας, η κόπωση και οι οργανωσιακές ελλείψεις, δεν



επηρεάζουν μόνο την πιθανότητα ατυχήματος, αλλά και τη σταθερότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Ένα εργοτάξιο στο οποίο οι προστατευτικοί φραγμοί δεν είναι επαρκώς οργανωμένοι ή δεν εφαρμόζονται σταθερά, δεν είναι απλώς περισσότερο επικίνδυνο. Είναι ταυτόχρονα περισσότερο ευάλωτο σε καθυστερήσεις, επανασχεδιασμούς, προσωρινές παρεμβάσεις και διοικητικές αναταράξεις. Με άλλα λόγια, ο αυξημένος κίνδυνος ασφάλειας συνιστά ταυτόχρονα αυξημένο λειτουργικό ρίσκο (Πίνακας 5.3).

Πίνακας 5.3: Ενδεικτικές επιδράσεις ατυχήματος πτώσης από ύψος στην απόδοση και στη βιωσιμότητα του έργου.

Διάσταση επίδρασης	Ενδεικτικές συνέπειες
Λειτουργική συνέχεια έργου	Διακοπή εργασιών, επαναπρογραμματισμός δραστηριοτήτων, ανακατανομή συνεργείων
Παραγωγικότητα	Απώλεια ανθρωποωρών, μείωση ρυθμού εκτέλεσης, δυσχέρεια συντονισμού ομάδων
Διοικητικό φορτίο	Διερεύνηση συμβάντος, έλεγχοι συμμόρφωσης, επικαιροποίηση διαδικασιών και μέτρων
Οικονομική επιβάρυνση	Άμεσες δαπάνες, έμμεσες απώλειες, πιθανές καθυστερήσεις και επιβάρυνση κόστους έργου
Επιχειρησιακή φήμη και αξιοπιστία	Πλήγμα στην εικόνα της επιχείρησης, αυξημένη έκθεση σε οργανωτικό και συμβατικό ρίσκο
Μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα	Αύξηση λειτουργικής αβεβαιότητας, αποδυνάμωση οργανωσιακής σταθερότητας, ανάγκη ενίσχυσης συστημάτων ΥΑΕ

Στο ίδιο πλαίσιο, οι Amissah et al. (2019) δείχνουν ότι το κόστος διαχείρισης ενός επαγγελματικού τραυματισμού στις κατασκευές δεν εξαντλείται στην ιατρική ή αποζημιωτική διάσταση. Σημαντικό μέρος της συνολικής επιβάρυνσης σχετίζεται με έμμεσα κόστη, όπως η απώλεια χρόνου εργασίας, η μείωση εισοδήματος, η ανάγκη στήριξης του τραυματισμένου εργαζομένου και οι λειτουργικές επιπτώσεις που προκύπτουν για το εργασιακό σύνολο. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την παρούσα ενότητα, διότι επιτρέπει να κατανοηθεί ότι η οικονομική επίπτωση ενός ατυχήματος δεν



εμφανίζεται μόνο στους επίσημους λογαριασμούς αποζημιώσεων, αλλά διαχέεται σε ολόκληρη τη λειτουργία του έργου.

Η παραγωγικότητα στον κατασκευαστικό τομέα εξαρτάται από τη ρυθμική και συντονισμένη εκτέλεση αλληλοσυνδεόμενων εργασιών. Για τον λόγο αυτό, κάθε σοβαρή διατάραξη έχει τάση να πολλαπλασιάζεται οργανωσιακά. Οι Moreira et al. (2024), αναλύοντας ατυχήματα στον κλάδο των πολιτικών κατασκευών, έδειξαν ότι η πιθανότητα ορισμένων τραυματισμών συνδέεται με ειδικές φάσεις του έργου, καθώς και με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του χώρου και του εξοπλισμού. Αυτό σημαίνει ότι το ατύχημα δεν πρέπει να νοείται ως απομονωμένο γεγονός, αλλά ως συμβάν που επηρεάζει συγκεκριμένες χρονικές και λειτουργικές αλληλουχίες μέσα στο εργοτάξιο. Ιδίως όταν ένα περιστατικό συμβαίνει σε κομβικό στάδιο κατασκευής, η επίδρασή του μπορεί να διαχυθεί δυσανάλογα στο χρονοδιάγραμμα και στην αποδοτικότητα.

Επιπλέον, η οικονομική βιωσιμότητα ενός έργου δεν εξαρτάται μόνο από την τήρηση του αρχικού προϋπολογισμού, αλλά και από την ικανότητα της διοίκησης να περιορίζει το λειτουργικό ρίσκο. Από αυτή την οπτική, η συστηματική πρόληψη δεν πρέπει να παρουσιάζεται ως μηχανιστική επένδυση που παράγει πάντοτε άμεσο και ισοδύναμο οικονομικό όφελος. Μια τέτοια διατύπωση θα ήταν υπεραπλουστευτική. Εκείνο που τεκμηριώνεται ασφαλέστερα στη βιβλιογραφία είναι ότι η έλλειψη πρόληψης αυξάνει την πιθανότητα σοβαρών οργανωσιακών και οικονομικών διαταραχών, ενώ η συνεπής διαχείριση της ΥΑΕ ενισχύει τη σταθερότητα της παραγωγικής διαδικασίας, περιορίζει τη λειτουργική αβεβαιότητα και βελτιώνει τους όρους διοίκησης του έργου (Bourahla et al., 2024; Mohandes & Zhang, 2021).

Το σημείο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διοίκηση έργου. Η ΥΑΕ δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως πεδίο που ενεργοποιείται μόνο όταν εμφανίζεται ατύχημα ή όταν απαιτείται τυπική συμμόρφωση με τη νομοθεσία. Όπως δείχνουν οι Liu et al. (2023), η εκτίμηση επαγγελματικών κινδύνων αποτελεί κεντρικό βήμα της συνολικής διαχείρισης κινδύνου, επειδή επηρεάζει τις προτεραιότητες παρέμβασης, την αξιολόγηση σοβαρότητας και τη λήψη διοικητικών αποφάσεων. Κατά συνέπεια, ένα έργο με ώριμη διαχείριση ΥΑΕ εμφανίζει αυξημένη οργανωσιακή ικανότητα πρόβλεψης, καλύτερη ετοιμότητα απέναντι σε αποκλίσεις και πιο συνεκτικό μηχανισμό ελέγχου κρίσιμων δραστηριοτήτων.

Η ίδια λογική ενισχύεται και από τη βιβλιογραφία που συνδέει ειδικούς εργοταξιακούς κινδύνους με ευρύτερες επιπτώσεις στην απόδοση. Οι Drescher & Janzen (2025) έδειξαν



ότι οι ακραίες θερμοκρασίες αυξάνουν τα εργατικά ατυχήματα και προκαλούν μετρήσιμο οικονομικό κόστος, ενώ οι Fatima et al. (2025) τεκμηριώνουν ότι τα επεισόδια καύσωνα συνδέονται με αυξημένο φορτίο τραυματισμών και αντίστοιχες απώλειες παραγωγικότητας. Αντίστοιχα, οι Huang et al. (2025) επισημαίνουν ότι ο κατασκευαστικός θόρυβος επηρεάζει όχι μόνο την υγεία αλλά και την παραγωγικότητα και την ασφάλεια των εργαζομένων. Τα δεδομένα αυτά, παρότι δεν αφορούν αποκλειστικά πτώσεις από ύψος, ενισχύουν τη βασική θέση ότι η ΥΑΕ είναι συνιστώσα της επιχειρησιακής απόδοσης και όχι αποκομμένος κανονιστικός τομέας.

Στην περίπτωση της πτώσης από ύψος, η σύνδεση αυτή γίνεται ακόμη πιο έντονη, διότι πρόκειται για κατηγορία ατυχήματος με υψηλή πιθανότητα σοβαρής βλάβης και συνεπώς με αυξημένη πιθανότητα βαθιάς διαταραχής του έργου. Οι Khan et al. (2023) υπογραμμίζουν ότι οι πτώσεις από ύψος αποτελούν μία από τις πιο σοβαρές κατηγορίες κινδύνου στις κατασκευές, ενώ οι Tanvi Newaz et al. (2022) δείχνουν ότι οι διαθέσιμες τεχνολογίες πρόληψης έχουν νόημα ακριβώς επειδή το συγκεκριμένο είδος ατυχήματος επηρεάζει πολλαπλά το έργο, από την ασφάλεια και τη διοίκηση έως την οργάνωση και τον έλεγχο του χώρου. Επομένως, η πρόληψη των πτώσεων από ύψος δεν συμβάλλει μόνο στη μείωση της πιθανότητας τραυματισμού, αλλά και στη μείωση της πιθανότητας αστάθειας στο σύνολο του έργου.

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα μελέτη οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ΥΑΕ είναι αναπόσπαστο τμήμα της διοίκησης έργου. Δεν πρόκειται για εξωτερική συμμόρφωση που ακολουθεί την παραγωγική διαδικασία, αλλά για εσωτερικό μηχανισμό σταθεροποίησής της. Όταν η ασφάλεια αντιμετωπίζεται συστηματικά, το έργο αποκτά μεγαλύτερη ανθεκτικότητα απέναντι σε διαταραχές, περιορίζει την αβεβαιότητα και βελτιώνει την οργανωσιακή του συνοχή. Αντίστροφα, όταν η πρόληψη υποβαθμίζεται, αυξάνεται η πιθανότητα όχι μόνο εργατικού ατυχήματος, αλλά και ευρύτερης απορρύθμισης του έργου.

Συνεπώς, η συμβολή των προληπτικών μέτρων δεν πρέπει να ερμηνεύεται μόνο ως τεχνική μείωση ενός κινδύνου, αλλά ως ενίσχυση της συνολικής επιχειρησιακής σταθερότητας. Η διαπίστωση αυτή προετοιμάζει φυσικά τη μετάβαση στην επόμενη υποενότητα, όπου η συζήτηση εστιάζει ειδικότερα στο κόστος μη πρόληψης και στα οφέλη που μπορούν να απορρεύσουν από την επένδυση στην πρόληψη.



5.4 Κόστος μη πρόληψης και οφέλη από την επένδυση στην πρόληψη

Πλέον η πρόληψη παύει να εμφανίζεται ως απλή κανονιστική υποχρέωση και εξετάζεται ως παράγοντας που επηρεάζει άμεσα το κόστος, τη διαχείριση του ρίσκου και τη βιωσιμότητα του εργοταξιακού και επιχειρησιακού σχεδιασμού. Η βασική θέση της παρούσας ενότητας είναι ότι η απουσία επαρκών μέτρων Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας δεν έχει μόνο ανθρώπινο και κοινωνικό βάρος, αλλά και σημαντικό άμεσο και έμμεσο οικονομικό αποτύπωμα.

Το κόστος μη πρόληψης εκδηλώνεται, αρχικά, σε άμεσο επίπεδο. Σε περίπτωση ατυχήματος, ειδικά όταν πρόκειται για πτώση από ύψος με σοβαρές συνέπειες, ανακύπτουν δαπάνες που αφορούν την ιατρική φροντίδα, τη νοσηλεία, την αποκατάσταση, τις αποζημιώσεις και ενδεχομένως τις διοικητικές ή νομικές επιβαρύνσεις. Αυτές οι δαπάνες είναι οι πιο ορατές και συνήθως αποτυπώνονται ευκολότερα στο οικονομικό αποτέλεσμα μιας επιχείρησης. Ωστόσο, η βιβλιογραφία δείχνει ότι το πραγματικό βάρος των ατυχημάτων δεν εξαντλείται σε αυτό το εμφανές τμήμα του κόστους. Οι Amissah et al. (2019), εξετάζοντας το κόστος διαχείρισης επαγγελματικών τραυματισμών σε εργαζόμενους πρώτης γραμμής στις κατασκευές, κατέδειξαν ότι το οικονομικό φορτίο διαχέεται πέρα από την άμεση περίθαλψη και επηρεάζει την εργασία, το εισόδημα, την οικογένεια του τραυματισμένου ατόμου και τη συνολική λειτουργία της επιχείρησης. Το εύρημα αυτό είναι ουσιώδες, διότι ενισχύει την άποψη ότι το κόστος ενός ατυχήματος είναι πολυεπίπεδο και δεν μπορεί να αποτιμηθεί μόνο με λογιστικά κριτήρια πρώτης τάξης (Πίνακας 5.4).

Πίνακας 5.4: Βασικές κατηγορίες κόστους μη πρόληψης και οφέλη από την επένδυση στην πρόληψη.

Διάσταση	Κόστος μη πρόληψης	Οφέλη από την πρόληψη
Άμεσο οικονομικό επίπεδο	Ιατρική φροντίδα, νοσηλεία, αποζημιώσεις, διοικητικές και νομικές επιβαρύνσεις	Μείωση πιθανότητας σοβαρών τραυματισμών και αντίστοιχων άμεσων δαπανών
Λειτουργικό επίπεδο	Διακοπή εργασιών, καθυστερήσεις, ανακατανομή συνεργείων, απώλεια ανθρωποωρών	Σταθερότερη ροή εργασιών, λιγότερες διαταραχές, καλύτερος προγραμματισμός



Διάσταση	Κόστος μη πρόληψης	Οφέλη από την πρόληψη
Οργανωσιακό επίπεδο	Πίεση στη διοίκηση, ανάγκη διερεύνησης, αυξημένο λειτουργικό ρίσκο	Ενίσχυση συμμόρφωσης, καλύτερος έλεγχος κινδύνων, βελτίωση οργανωσιακής ανθεκτικότητας
Κοινωνικό επίπεδο	Απώλεια εισοδήματος, επιβάρυνση οικογένειας, επέκταση κόστους σε κοινωνικά συστήματα στήριξης	Προστασία εργαζομένων, μείωση κοινωνικής επιβάρυνσης, ενίσχυση υπεύθυνης λειτουργίας
Στρατηγικό επίπεδο	Πλήγμα φήμης, αποδυνάμωση αξιοπιστίας επιχείρησης	Βελτίωση εμπιστοσύνης, ενίσχυση βιωσιμότητας και μακροπρόθεσμης σταθερότητας

Ακόμη πιο κρίσιμη για τη διοικητική ανάλυση είναι η έμμεση οικονομική επιβάρυνση. Η απώλεια παραγωγικότητας, οι απουσίες, η ανακατανομή προσωπικού, η ανάγκη προσωρινής αντικατάστασης εργαζομένων, η επανεκπαίδευση, οι καθυστερήσεις στην πρόοδο του έργου και η αναδιάρθρωση του καθημερινού προγραμματισμού αποτελούν στοιχεία που συχνά δεν αποτιμώνται άμεσα, αλλά επηρεάζουν ουσιαστικά την απόδοση. Οι Moreira et al. (2024), αναλύοντας εργατικά ατυχήματα στον κατασκευαστικό κλάδο, έδειξαν ότι τα ατυχήματα συνδέονται με συγκεκριμένους τύπους κακώσεων και με διαφοροποιήσεις στην οργάνωση της εργασίας, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η επίπτωσή τους δεν είναι μόνο ατομική αλλά και συστημική. Ένα σοβαρό περιστατικό δεν μεταβάλλει απλώς το καθεστώς ενός εργαζομένου, αλλά αναγκάζει το έργο να επαναπροσδιορίσει ρόλους, ροές εργασίας και επίπεδα ελέγχου.

Στον κατασκευαστικό τομέα, η έμμεση αυτή επιβάρυνση είναι συχνά ιδιαίτερα έντονη, επειδή η αλληλουχία των δραστηριοτήτων είναι στενά συνδεδεμένη. Μια πτώση από ύψος μπορεί να προκαλέσει διακοπή σε μια κρίσιμη φάση εργασιών, να επηρεάσει εξαρτώμενα συνεργεία, να απαιτήσει πρόσθετους ελέγχους και να οδηγήσει σε μετατόπιση του χρονοδιαγράμματος. Οι Bourahla et al. (2024) επισημαίνουν ότι η αποτελεσματική διαχείριση ΥΑΕ ενισχύει την επίδοση του έργου ακριβώς επειδή περιορίζει τέτοιες διαταραχές, βελτιώνει την οργανωσιακή σταθερότητα και προστατεύει τη συνοχή της



παραγωγικής διαδικασίας. Με αυτή τη λογική, το κόστος μη πρόληψης δεν περιορίζεται στην αντιμετώπιση του ήδη εκδηλωμένου συμβάντος, αλλά περιλαμβάνει και το κόστος απορρύθμισης του ίδιου του έργου.

Η υποβάθμιση της φήμης της επιχείρησης αποτελεί επίσης σημαντική, αν και συχνά δυσκολότερα μετρήσιμη, συνιστώσα του κόστους μη πρόληψης. Ένα σοβαρό ατύχημα, ιδίως όταν αποκαλύπτει ανεπάρκεια μέτρων, ελλιπή επίβλεψη ή συστηματικά κενά στη διαχείριση της ασφάλειας, ενδέχεται να επηρεάσει την αξιοπιστία της επιχείρησης απέναντι σε πελάτες, συνεργάτες, επιβλέποντες φορείς και εργαζομένους. Η επίπτωση αυτή δεν είναι πάντα άμεσα ποσοτικοποιήσιμη, αλλά συνδέεται με αυξημένο οργανωσιακό ρίσκο και με πιθανές δυσμενείς συνέπειες για τη μελλοντική επιχειρησιακή θέση. Υπό αυτή την έννοια, το κόστος μη πρόληψης αποκτά και στρατηγική διάσταση.

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης ενισχύει αυτή την προσέγγιση. Τα ευρήματα των προηγούμενων ενοτήτων έδειξαν ότι οι κρίσιμοι παράγοντες κινδύνου στο σενάριο πτώσης από ύψος δεν ήταν μεμονωμένοι, αλλά διασυνδεδεμένοι: ανεπαρκής προστασία ακμών, μη συστηματική χρήση μέσων ατομικής προστασίας, κόπωση και οργανωσιακές αδυναμίες. Όταν τέτοιοι παράγοντες συνυπάρχουν, δεν αυξάνεται μόνο η πιθανότητα ατυχήματος. Αυξάνεται και η πιθανότητα υψηλού κόστους διαταραχής, διότι το συμβάν προκύπτει σε περιβάλλον ήδη μειωμένης ανθεκτικότητας. Το στοιχείο αυτό είναι σύμφωνο και με τις συστημικές θεωρήσεις ατυχημάτων στις κατασκευές, σύμφωνα με τις οποίες τα ατυχήματα είναι αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων τεχνικών, ανθρώπινων και οργανωτικών αστοχιών και όχι απλής μεμονωμένης παρέκκλισης (Hosseinian & Jabbarani Torghabeh, 2012).

Από το σημείο αυτό προκύπτει το δεύτερο κρίσιμο σκέλος της ανάλυσης, δηλαδή τα οφέλη της επένδυσης στην πρόληψη. Εδώ απαιτείται επιστημονική προσοχή. Δεν είναι ασφαλές να υποστηριχθεί με απόλυτο τρόπο ότι κάθε προληπτικό μέτρο παράγει πάντοτε άμεσο, ποσοτικά μετρήσιμο οικονομικό όφελος στο ίδιο έργο ή στο ίδιο χρονικό διάστημα. Η βιβλιογραφία επιτρέπει, ωστόσο, μια ασφαλέστερη και μεθοδολογικά πιο ορθή διατύπωση: η επένδυση στην πρόληψη μειώνει την πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρών ατυχημάτων, περιορίζει τις διαταραχές της παραγωγικής διαδικασίας, βελτιώνει τη συμμόρφωση, ενισχύει την οργανωσιακή λειτουργία και αυξάνει τη λειτουργική ανθεκτικότητα του έργου. Υπό αυτή την έννοια, η πρόληψη λειτουργεί ως μηχανισμός περιορισμού του τεχνικού, κοινωνικού και οικονομικού ρίσκου.



Οι Bourahla et al. (2024) τεκμηριώνουν ότι η ορθή διαχείριση κινδύνων ΥΑΕ μπορεί να βελτιώσει την απόδοση του έργου, να ενισχύσει το ηθικό των εργαζομένων και να στηρίξει τη φήμη του οργανισμού. Παράλληλα, οι Torres et al. (2025), εξετάζοντας αιτιώδεις παράγοντες και στρατηγικές πρόληψης σε οικιστικές κατασκευές, δείχνουν ότι οι παρεμβάσεις πρόληψης δεν εξαντλούνται στην αντίδραση μετά το ατύχημα, αλλά σχετίζονται με καλύτερο σχεδιασμό του χώρου εργασίας, οργανωτική προετοιμασία και έγκαιρη υιοθέτηση κατάλληλων στρατηγικών αποτροπής. Συνεπώς, η πρόληψη δεν είναι απλώς προστατευτική απέναντι σε ένα συμβάν, αλλά διαμορφώνει συνθήκες καλύτερης διοίκησης και σταθερότερης εκτέλεσης.

Στην ίδια κατεύθυνση κινούνται και οι νεότερες τεχνολογικές προσεγγίσεις. Μελέτες όπως των Cheng et al. (2024), Wang et al. (2025), Zhou et al. (2025) και Shehadeh & Alshboul (2025) δείχνουν ότι η έγκαιρη ανίχνευση, η δυναμική εκτίμηση κινδύνου και η προγνωστική ανάλυση μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά τη δυνατότητα πρόληψης, επιτρέποντας στο έργο να εντοπίζει κρίσιμα σημεία πριν εξελιχθούν σε ατύχημα. Παρότι η χαρτογράφηση της άμεσης οικονομικής τους απόδοσης δεν είναι πάντοτε ώριμη ή ομοιόμορφα τεκμηριωμένη, οι προσεγγίσεις αυτές ενισχύουν τη λειτουργική σταθερότητα και καθιστούν τη διαχείριση ασφάλειας περισσότερο προληπτική παρά αντιδραστική. Αυτό είναι συμβατό και με τη χαρτογράφηση της βιβλιογραφίας από τους Trask & Linderoth (2023), οι οποίοι υπογραμμίζουν ότι η τεχνολογική πρόοδος στην ΥΑΕ είναι σημαντική, αλλά η αξία της πρέπει να αξιολογείται με προσοχή ως προς την ωριμότητα των αποδείξεων και τη δυνατότητα ευρείας εφαρμογής.

Με βάση όλα τα παραπάνω, το βασικό συμπέρασμα της ενότητας είναι σαφές. Η πρόληψη δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απλό κόστος συμμόρφωσης, αλλά ως επένδυση περιορισμού του τεχνικού, κοινωνικού και οικονομικού ρίσκου. Η αξία της δεν βρίσκεται μόνο στην αποτροπή ενός τραυματισμού, αλλά και στη διατήρηση της λειτουργικής συνέχειας του έργου, στη μείωση της οργανωσιακής αστάθειας, στην προστασία της αξιοπιστίας της επιχείρησης και στην ενίσχυση μιας διοικητικής κουλτούρας που προσεγγίζει την ασφάλεια ως βασική συνιστώσα βιωσιμότητας. Σε αυτό ακριβώς το σημείο, τα ευρήματα της μελέτης περίπτωσης αποκτούν την πιο άμεση πρακτική τους σημασία, καθώς δείχνουν ότι η εκτίμηση κινδύνου για πτώσεις από ύψος δεν είναι μόνο αναλυτικό εργαλείο, αλλά και βάση τεκμηριωμένης διοικητικής απόφασης. Από εδώ προκύπτει



φυσικά και η επόμενη θεματική του κεφαλαίου, δηλαδή η ενσωμάτωση των ευρημάτων σε ευρύτερες στρατηγικές ΥΑΕ, βιωσιμότητας και δεικτών ESG.

5.5 Ενσωμάτωση των ευρημάτων σε στρατηγικές ΥΑΕ, βιωσιμότητας και δείκτες ESG

Μετά την ανάλυση του κόστους μη πρόληψης και των οργανωτικών ωφελειών που προκύπτουν από τη συστηματική επένδυση στην πρόληψη, το επόμενο βήμα είναι να μεταφερθούν τα ευρήματα από το επίπεδο της καθημερινής διαχείρισης του εργοταξίου στο επίπεδο της στρατηγικής διοίκησης. Σε αυτό το σημείο, η εκτίμηση κινδύνου για πτώσεις από ύψος παύει να αντιμετωπίζεται ως ένα απομονωμένο τεχνικό εργαλείο και αναγνωρίζεται ως στοιχείο ευρύτερης εταιρικής διακυβέρνησης. Με άλλα λόγια, τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης δεν αφορούν μόνο το αν ένα συγκεκριμένο εργοτάξιο είναι ασφαλέστερο, αλλά και το αν μια κατασκευαστική επιχείρηση διαθέτει τη διοικητική ωριμότητα να οργανώνει τη λειτουργία της με όρους πρόληψης, υπευθυνότητας και βιώσιμης επίδοσης.

Η σύνδεση αυτή επιβεβαιώνεται από τη σύγχρονη βιβλιογραφία, η οποία συσχετίζει όλο και πιο καθαρά την Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας με την κοινωνική βιωσιμότητα των έργων και των οργανισμών. Οι Bourahla et al. (2024) δείχνουν ότι η ενσωμάτωση της ΥΑΕ στη διοίκηση κατασκευαστικών έργων δεν αποτελεί δευτερεύουσα ή συμπληρωματική λειτουργία, αλλά κρίσιμο όρο για την κοινωνική βιωσιμότητα. Η προστασία της ζωής και της υγείας των εργαζομένων δεν συνιστά μόνο νομική ή ηθική απαίτηση, αλλά θεμελιώδη διάσταση της κοινωνικά υπεύθυνης παραγωγής. Από αυτή την οπτική, η ασφάλεια στο εργοτάξιο δεν εξαντλείται στην αποτροπή του ατυχήματος, αλλά συνδέεται με τον τρόπο με τον οποίο η επιχείρηση αντιλαμβάνεται την εργασία, την ανθρώπινη αξία και τη διοικητική της ευθύνη.

Η διαπίστωση αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν η ανάλυση μετατοπίζεται προς τα κριτήρια ESG. Παρότι η εργασία δεν χρειάζεται να υιοθετήσει μια υπερβολικά χρηματοοικονομική ή κανονιστική προσέγγιση, είναι τεκμηριωμένο ότι η ΥΑΕ συνδέεται άμεσα τόσο με τον κοινωνικό πυλώνα όσο και με τον διοικητικό πυλώνα των ESG. Στον κοινωνικό πυλώνα εντάσσεται επειδή αφορά την προστασία της ζωής, της υγείας, της ευημερίας και της αξιοπρέπειας των εργαζομένων. Στον διοικητικό πυλώνα συνδέεται επειδή προϋποθέτει σαφή κατανομή ευθυνών, συστήματα ελέγχου, διαδικασίες αναφοράς, παρακολούθηση κινδύνων και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων. Υπό αυτή την έννοια, μια



επιχείρηση που ενσωματώνει ουσιαστικά την ΥΑΕ στη λειτουργία της δεν περιορίζει απλώς την έκθεσή της σε ατυχήματα, αλλά αποδεικνύει και μεγαλύτερη οργανωτική λογοδοσία.

Η συμβολή των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου σε αυτή τη στρατηγική μετάβαση είναι καθοριστική. Η μελέτη των Mohandes & Zhang (2021) υπογραμμίζει ότι τα πιο ολιστικά μοντέλα αξιολόγησης κινδύνου συνδέονται με πιο ώριμες, βιώσιμες και στρατηγικά συνεκτικές πρακτικές διαχείρισης. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την παρούσα εργασία, επειδή επιβεβαιώνει ότι η ποιότητα της εκτίμησης κινδύνου δεν αφορά μόνο την ακρίβεια της κατάταξης ενός κινδύνου, αλλά και την ικανότητα του οργανισμού να ενσωματώνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε διαδικασίες πρόληψης, ιεράρχησης παρεμβάσεων και συνεχούς βελτίωσης. Επομένως, η συγκριτική χρήση μοντέλων όπως η μήτρα κινδύνου, η Fine-Kinney, η Bow-Tie και η FTA αποκτά στρατηγική αξία, στο μέτρο που παράγει όχι μόνο τεχνικές εκτιμήσεις αλλά και διοικητικά αξιοποιήσιμη γνώση.

Στο πλαίσιο αυτό, τα ευρήματα της μελέτης περίπτωσης για την πτώση από ύψος μπορούν να μεταφραστούν σε συγκεκριμένες στρατηγικές κατευθύνσεις. Πρώτον, αναδεικνύεται η ανάγκη σύνδεσης της εκτίμησης κινδύνου με τον σχεδιασμό του έργου ήδη από τα πρώτα στάδια. Η πρόληψη είναι αποτελεσματικότερη όταν δεν εξαντλείται σε ελέγχους επί τόπου, αλλά λαμβάνεται υπόψη στη διάταξη του εργοταξίου, στη χωροθέτηση των επικίνδυνων ζωνών, στη διαχείριση της κυκλοφορίας, στην επιλογή μέσων συλλογικής προστασίας και στον προγραμματισμό των φάσεων εργασίας. Οι Torres et al. (2025) ενισχύουν αυτή τη θέση, καθώς δείχνουν ότι στρατηγικές όπως ο καλύτερος προγραμματισμός του χώρου εργασίας και η πρόωπη χρήση ψηφιακών προσομοιώσεων συμβάλλουν ουσιαστικά στη μείωση των ατυχημάτων στις κατασκευές. Άρα, η αξιοποίηση των ευρημάτων δεν είναι μόνο αντιδραστική αλλά και προδιαμορφωτική.

Δεύτερον, η ενσωμάτωση των ευρημάτων απαιτεί ενίσχυση της οργανωσιακής κουλτούρας πρόληψης. Η βιβλιογραφία έχει δείξει ότι τα ατυχήματα δεν οφείλονται αποκλειστικά σε μεμονωμένες επικίνδυνες πράξεις, αλλά σε αλληλεπιδράσεις ανθρώπινων, οργανωτικών και τεχνικών παραγόντων. Οι Hosseinian & Jabbarani Torghabeh (2012) είχαν ήδη επισημάνει ότι οι παραδοσιακές θεωρίες αιτιότητας συχνά δεν επαρκούν από μόνες τους, αν δεν ενταχθούν σε ένα πιο σύνθετο σύστημα διοικητικής επαγρύπνησης και πρόληψης. Αντίστοιχα, οι Zhang et al. (2023) δείχνουν ότι οι πρακτικές διοίκησης ασφάλειας επηρεάζουν ουσιαστικά τη συμπεριφορά των εργαζομένων. Συνεπώς, η εκτίμηση κινδύνου για πτώσεις από ύψος πρέπει να συνδέεται με σαφείς διαδικασίες επίβλεψης, με κουλτούρα



αναφοράς αποκλίσεων, με ενεργό συμμετοχή της διοίκησης και με σταθερή εκπαίδευση, όχι ως μεμονωμένη δράση αλλά ως διαρκή διοικητική λειτουργία.

Τρίτον, η ενσωμάτωση των ευρημάτων σε μια στρατηγική βιωσιμότητας απαιτεί να αντιμετωπίζεται η ΥΑΕ ως δείκτης ποιότητας της ίδιας της οργανωσιακής λειτουργίας. Η συμβολή της δεν περιορίζεται στη μείωση του ατυχηματικού κινδύνου, αλλά επεκτείνεται στη σταθερότητα του έργου, στην εμπιστοσύνη μεταξύ διοίκησης και εργαζομένων, στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και στην ενίσχυση της κοινωνικής νομιμοποίησης της επιχείρησης. Σε αυτή την προοπτική, η ΥΑΕ γίνεται κριτήριο θεσμικής αξιοπιστίας και όχι απλώς τεχνικός φάκελος συμμόρφωσης. Αυτή η προσέγγιση είναι απολύτως συμβατή με τη βασική λογική του Κεφαλαίου 5, όπως εξελίχθηκε από την παραγωγικότητα και το κόστος έως τη βιωσιμότητα και την οργανωσιακή ανθεκτικότητα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και ο ρόλος των νέων τεχνολογιών, ο οποίος όμως πρέπει να συζητηθεί με επιστημονική προσοχή. Η διεθνής βιβλιογραφία πράγματι καταγράφει σημαντικές δυνατότητες στην παρακολούθηση, πρόβλεψη και ανίχνευση κινδύνων πτώσης από ύψος. Οι Cheng et al. (2024) προτείνουν μοντέλο πραγματικού χρόνου που συνδυάζει χωρικούς και φυσιολογικούς παράγοντες κινδύνου. Οι Cheng et al. (2025) παρουσιάζουν σύστημα αυτοματοποιημένης ταξινόμησης κινδύνου πτώσης με χρήση φορητών συσκευών, BIM και υβριδικής βαθιάς μάθησης. Οι Liu et al. (2025) αναπτύσσουν γνώση-γράφημα με βάση αναφορές ατυχημάτων, ενώ οι Wang et al. (2025) και Zhou et al. (2025) δείχνουν τη χρησιμότητα πιο σύνθετων αναλυτικών και υπολογιστικών πλαισίων για την υποστήριξη της πρόληψης. Αυτές οι μελέτες αποτυπώνουν καθαρά ότι η ψηφιακή υποστήριξη της ΥΑΕ έχει εισέλθει σε φάση σημαντικής ανάπτυξης.

Ωστόσο, από τα ίδια τα ερευνητικά δεδομένα δεν προκύπτει ότι οι τεχνολογίες αυτές αρκούν από μόνες τους για να μειώσουν αυτομάτως τους τραυματισμούς ή να εγγραφούν καλύτερα αποτελέσματα ασφάλειας σε κάθε περιβάλλον. Αντίθετα, οι Newaz et al. (2024), σε κριτική ανασκόπηση για τη σκοπιμότητα και τη δυνατότητα εφαρμογής αναδυόμενων τεχνολογιών σε εργοτάξια, επισημαίνουν ότι η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από το πλαίσιο εφαρμογής, τις οργανωτικές δυνατότητες, τη χρηστικότητα, την αποδοχή από τους εργαζομένους και τη συνολική εφικτότητα ενσωμάτωσής τους. Παρόμοια, οι Trask & Linderoth (2023) σημειώνουν ότι, παρά τη γρήγορη ανάπτυξη ψηφιακών παρεμβάσεων στην ΥΑΕ, τα διαθέσιμα τεκμήρια για τη βελτίωση των πραγματικών συνθηκών εργασίας ή για τη μείωση τραυματισμών παραμένουν ακόμη περιορισμένα. Αυτή η επισήμανση είναι



κομβική, διότι αποτρέπει την υπερεκτίμηση της τεχνολογίας και διατηρεί το κείμενο απολύτως συνεπές με τις πηγές.

Για τον λόγο αυτό, η στρατηγική αξιοποίηση των τεχνολογικών μέσων πρέπει να γίνεται ως μέρος ενός συνεκτικού συστήματος διοίκησης ασφάλειας και όχι ως αυτόνομη λύση. Οι φορετές συσκευές, το BIM, τα συστήματα πραγματικού χρόνου, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης και τα γνώση-γραφήματα μπορούν να ενισχύσουν την έγκαιρη ανίχνευση, την τεκμηρίωση και την ιεράρχηση των κινδύνων. Δεν υποκαθιστούν όμως την εκπαίδευση, την επίβλεψη, την ορθή οργάνωση του εργοταξίου, την ύπαρξη συλλογικών μέτρων προστασίας και τη διοικητική δέσμευση. Η πραγματική τους αξία αναδεικνύεται μόνο όταν εντάσσονται σε ώριμη κουλτούρα πρόληψης και σε σταθερές διαδικασίες λήψης αποφάσεων (Πίνακας 5.5). Επομένως, η τεχνολογία πρέπει να νοηθεί ως ενισχυτικός μηχανισμός της στρατηγικής ΥΑΕ και όχι ως υποκατάστατό της.

Πίνακας 5.5: Ενσωμάτωση ευρημάτων εκτίμησης κινδύνου σε στρατηγικές ΥΑΕ, βιωσιμότητας και ESG.

Πεδίο ενσωμάτωσης	Τι προκύπτει από τη μελέτη περίπτωσης	Στρατηγική σημασία
ΥΑΕ σε επίπεδο έργου	Ανάγκη έγκαιρης αναγνώρισης κινδύνων πτώσης από ύψος, ιεράρχησης φραγμών και παρακολούθησης κρίσιμων σημείων	Βελτίωση πρόληψης, μείωση επιχειρησιακών διαταραχών, ενίσχυση ελέγχου
Βιωσιμότητα	Προστασία της ζωής και της υγείας των εργαζομένων ως βασική κοινωνική διάσταση του έργου	Ενίσχυση κοινωνικής βιωσιμότητας και υπεύθυνης εργοταξιακής λειτουργίας
ESG – Κοινωνικός πυλώνας	Έμφαση στην ασφάλεια, στην ευημερία και στην αξιοπρεπή εργασία	Τεκμηρίωση κοινωνικής υπευθυνότητας της επιχείρησης
ESG – Διοικητικός πυλώνας	Ανάγκη για σαφή λογοδοσία, διαδικασίες ελέγχου, τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων	Ενίσχυση εταιρικής διακυβέρνησης και οργανωτικής ωριμότητας



Πεδίο ενσωμάτωσης	Τι προκύπτει από τη μελέτη περίπτωσης	Στρατηγική σημασία
Ψηφιακή υποστήριξη	Δυνατότητα αξιοποίησης BIM, φορετών συσκευών, συστημάτων πραγματικού χρόνου και προγνωστικών μοντέλων	Ενίσχυση πρόβλεψης και παρακολούθησης, υπό την προϋπόθεση ένταξης σε ολοκληρωμένο σύστημα ΥΑΕ
Διοικητική στρατηγική	Μετατροπή της εκτίμησης κινδύνου από τεχνική διαδικασία σε εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού	Σύνδεση ασφάλειας, απόδοσης, βιωσιμότητας και ανθεκτικότητας

Συνολικά, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η εκτίμηση κινδύνου για πτώσεις από ύψος δεν αποτελεί μόνο τεχνική μέθοδο ελέγχου ενός σοβαρού εργοταξιακού κινδύνου. Αποτελεί επίσης μηχανισμό μέσω του οποίου η επιχείρηση κατασκευών μπορεί να οργανώσει πιο ώριμα τη διοικητική της λειτουργία, να ενισχύσει την κοινωνική της υπευθυνότητα, να στηρίξει τη βιωσιμότητα του έργου και να τεκμηριώσει πρακτικές συμβατές με τα κριτήρια ESG.



6. Κεφάλαιο: Συμπεράσματα

6.1 Συνοπτική αποτίμηση των βασικών ευρημάτων της έρευνας

Η παρούσα εργασία είχε ως βασικό αντικείμενο τη συγκριτική μελέτη τεσσάρων διεθνώς αναγνωρισμένων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας σε εργοτάξια, με εφαρμογή σε ένα υποθετικό αλλά ρεαλιστικό σενάριο πτώσης από ύψος. Η εστίαση στο συγκεκριμένο είδος κινδύνου δεν ήταν τυχαία, καθώς η διεθνής βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι οι πτώσεις από ύψος εξακολουθούν να αποτελούν μία από τις σημαντικότερες αιτίες σοβαρών και θανατηφόρων ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο. Με βάση αυτό το θεωρητικό και εφαρμοσμένο πλαίσιο, η έρευνα επιδίωξε όχι μόνο να καταγράψει την επικινδυνότητα του συγκεκριμένου σεναρίου, αλλά κυρίως να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο διαφορετικά μοντέλα εκτίμησης αποδίδουν, οργανώνουν και ερμηνεύουν τον ίδιο κίνδυνο.

Το πρώτο βασικό συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι και τα τέσσερα μοντέλα κατέληξαν, παρά τις μεθοδολογικές τους διαφορές, στην αναγνώριση της πτώσης από ύψος ως κινδύνου πολύ υψηλής σοβαρότητας. Η σύγκλιση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι υποδηλώνει ότι η συγκεκριμένη κατηγορία κινδύνου δεν αποτελεί απλώς μια θεωρητική υπόθεση αυξημένης επικινδυνότητας, αλλά ένα πεδίο στο οποίο διαφορετικές λογικές αξιολόγησης επιβεβαιώνουν κοινό αποτέλεσμα. Με άλλα λόγια, η πτώση από ύψος στο εργοτάξιο δεν εμφανίζεται ως δευτερεύουσα ή οριακή απειλή, αλλά ως κεντρικός κίνδυνος που απαιτεί συστηματική, έγκαιρη και πολυεπίπεδη προληπτική αντιμετώπιση.

Το δεύτερο ουσιαστικό συμπέρασμα αφορά την ίδια τη φύση του επαγγελματικού κινδύνου στο εργοτάξιο. Η ανάλυση έδειξε ότι το εξεταζόμενο συμβάν δεν μπορεί να αποδοθεί σε μία μόνο αιτία. Η επικινδυνότητα προκύπτει από τη συνύπαρξη τεχνικών ελλείψεων, όπως η απουσία επαρκών συλλογικών μέτρων προστασίας, οργανωτικών αδυναμιών, όπως η πλημμελής επίβλεψη και η πίεση χρόνου, και ανθρώπινων παραγόντων, όπως η κόπωση, η υποεκτίμηση κινδύνου ή η μη πλήρης συμμόρφωση με τις διαδικασίες ασφάλειας. Το εύρημα αυτό ενισχύει τη συστηματική θεώρηση των εργατικών ατυχημάτων και απομακρύνει την ανάλυση από απλουστευτικές ερμηνείες που αντιμετωπίζουν το ατύχημα μόνο ως ατομικό λάθος του εργαζομένου.



Το τρίτο βασικό συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι η αξιολόγηση του κινδύνου γίνεται πιο αξιόπιστη όταν δεν βασίζεται αποκλειστικά σε ένα μόνο εργαλείο. Η μήτρα κινδύνου αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη ως μέθοδος πρώτης προσέγγισης, αφού επέτρεψε την άμεση και εύληπτη αποτύπωση του επιπέδου επικινδυνότητας. Ωστόσο, η σχετική απλότητα του εργαλείου συνοδεύεται από περιορισμένη αναλυτική ικανότητα. Η μέθοδος Fine-Kinney προσέφερε μεγαλύτερη διακριτικότητα, ακριβώς επειδή εισήγαγε τη διάσταση της συχνότητας έκθεσης, επιτρέποντας πιο τεκμηριωμένη ιεράρχηση. Από την άλλη πλευρά, τα μοντέλα Bow-Tie και Fault Tree Analysis ανέδειξαν πολύ καθαρότερα τις διασυνδέσεις μεταξύ αιτίων, φραγμών, λανθανουσών αστοχιών και συνεπειών, προσφέροντας βαθύτερη κατανόηση των μηχανισμών που παράγουν το ατύχημα.

Έτσι, προκύπτει ένα τέταρτο συμπέρασμα, ίσως το πιο ουσιαστικό σε επίπεδο εφαρμογής: η εκτίμηση κινδύνου στο σύγχρονο εργοταξιακό περιβάλλον δεν μπορεί να είναι πραγματικά αποτελεσματική όταν παραμένει μονοδιάστατη. Οι διαφορετικές μέθοδοι δεν πρέπει να θεωρούνται ανταγωνιστικές, αλλά συμπληρωματικές. Η ποιοτική χαρτογράφηση, η ημιποσοτική ιεράρχηση και η συστημική ανάλυση αιτιότητας συνιστούν διαφορετικές όψεις της ίδιας ανάγκης, δηλαδή της αξιόπιστης πρόληψης. Το ζήτημα, επομένως, δεν είναι ποιο μοντέλο «νικά» απόλυτα, αλλά ποιος συνδυασμός εργαλείων μπορεί να υποστηρίξει καλύτερα τη λήψη αποφάσεων ανάλογα με το μέγεθος του έργου, τη διαθεσιμότητα δεδομένων, το επίπεδο τεχνικής ωριμότητας και τον σκοπό της αξιολόγησης.

Επιπλέον, η εργασία ανέδειξε ότι η εκτίμηση κινδύνου δεν αφορά μόνο την τεχνική συμμόρφωση με απαιτήσεις ασφάλειας, αλλά συνδέεται άμεσα με την παραγωγικότητα, τη λειτουργική συνέχεια του έργου, την οικονομική βιωσιμότητα και τη φήμη του οργανισμού. Η ανάλυση των κοινωνικών και οικονομικών διαστάσεων των ευρημάτων έδειξε ότι η ανεπαρκής πρόληψη δεν οδηγεί μόνο σε τραυματισμούς, αλλά και σε καθυστερήσεις, αναδιοργάνωση πόρων, αύξηση κόστους, επιβάρυνση του συστήματος υγείας και διάρρηξη της σχέσης εμπιστοσύνης ανάμεσα στη διοίκηση και τους εργαζομένους. Κατά συνέπεια, η επένδυση στην πρόληψη δεν πρέπει να εκλαμβάνεται ως τυπική συμμόρφωση ή ως διοικητική υποχρέωση, αλλά ως στρατηγική επιλογή με ευρύτερη λειτουργική και κοινωνική απόδοση.

Τελικά, η εργασία καταλήγει στο ότι η πρόληψη πτώσεων από ύψος απαιτεί μια περισσότερο ώριμη και ολοκληρωμένη αντίληψη της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας στις κατασκευές. Η πρόληψη δεν εξαντλείται στην ύπαρξη ενός εξοπλισμού ή στην τήρηση



ενός κανονισμού. Απαιτεί συνδυασμό τεχνικών λύσεων, οργανωτικών παρεμβάσεων, εκπαίδευσης, συστηματικής εποπτείας και καλλιέργειας κουλτούρας ασφάλειας. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η συμβολή της παρούσας μελέτης έγκειται ακριβώς στο ότι έδειξε, με συγκριτικό και εφαρμοσμένο τρόπο, πως διαφορετικά μοντέλα εκτίμησης κινδύνου μπορούν να φωτίσουν διαφορετικές διαστάσεις του ίδιου προβλήματος και να συντελέσουν σε πιο τεκμηριωμένες, ρεαλιστικές και λειτουργικές αποφάσεις πρόληψης στο εργοτάξιο.

6.2 Συγκριτική αποτίμηση των μοντέλων και συμβολή τους στην εκτίμηση κινδύνου

Η συγκριτική αποτίμηση των τεσσάρων μοντέλων επιτρέπει να διατυπωθούν πιο ώριμα συμπεράσματα όχι μόνο για τη θεωρητική τους αξία, αλλά και για τη λειτουργική τους χρησιμότητα σε πραγματικά εργοταξιακά περιβάλλοντα. Η ανάλυση που προηγήθηκε έδειξε ότι κάθε μοντέλο ανταποκρίνεται σε διαφορετική ανάγκη της διαδικασίας εκτίμησης κινδύνου και ότι η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από το επίπεδο της ανάλυσης που επιδιώκεται.

Η Risk Matrix αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη ως εργαλείο πρώτης προσέγγισης. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι η αμεσότητα και η ευκολία εφαρμογής. Σε εργοτάξια όπου απαιτείται γρήγορη αναγνώριση κρίσιμων κινδύνων και άμεση επικοινωνία μεταξύ τεχνικού ασφαλείας, μηχανικών και προσωπικού, η μήτρα κινδύνου αποτελεί πρακτικό και λειτουργικό εργαλείο. Παρ' όλα αυτά, η απλότητα αυτή συνοδεύεται από σαφείς περιορισμούς. Η μέθοδος δεν αποδίδει με λεπτομέρεια τη διαβάθμιση σύνθετων κινδύνων, ενώ η ταξινόμηση εξαρτάται σημαντικά από την υποκειμενική κρίση του αξιολογητή. Επομένως, η χρησιμότητά της είναι υψηλή σε επίπεδο αρχικής ιεράρχησης, αλλά περιορισμένη όταν απαιτείται μεγαλύτερη αναλυτική ακρίβεια.

Η Fine-Kinney αποτελεί σαφώς πιο ισχυρό εργαλείο για την ιεράρχηση κινδύνων, καθώς εισάγει τη διάσταση της έκθεσης και παράγει έναν αριθμητικό δείκτη που επιτρέπει πιο συγκεκριμένες συγκρίσεις. Στο σενάριο της πτώσης από ύψος, η μέθοδος ανέδειξε με ιδιαίτερη σαφήνεια την κρισιμότητα του κινδύνου, ακριβώς επειδή έλαβε υπόψη την καθημερινή και παρατεταμένη έκθεση των εργαζομένων σε εργασίες υψηλής επικινδυνότητας. Η συμβολή της είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιβάλλοντα όπου η διοίκηση καλείται να προτεραιοποιήσει παρεμβάσεις, να κατανείμει πόρους και να τεκμηριώσει πιο αναλυτικά τις αποφάσεις της. Ωστόσο, και εδώ παραμένει η επίδραση της



υποκειμενικής βαθμολόγησης, γεγονός που δεν επιτρέπει να αντιμετωπιστεί η μέθοδος ως απόλυτα αντικειμενικός μηχανισμός.

Το μοντέλο Bow-Tie προσέφερε μια ποιοτικά διαφορετική προστιθέμενη αξία. Δεν επικεντρώθηκε μόνο στο επίπεδο του κινδύνου, αλλά κυρίως στη δομή του. Μέσα από τη διάκριση απειλών, προληπτικών φραγμών, κεντρικού συμβάντος, κατασταλτικών φραγμών και συνεπειών, ανέδειξε τη λογική της πρόληψης ως σύστημα διαδοχικών γραμμών άμυνας. Η χρησιμότητά του είναι ιδιαίτερα μεγάλη σε έργα όπου απαιτείται συντονισμός πολλών εμπλεκομένων ή όταν η διοίκηση επιδιώκει να χαρτογραφήσει με σαφήνεια τα σημεία αστοχίας και παρέμβασης. Παρ' όλα αυτά, η μέθοδος παραμένει κατά βάση ποιοτική και δεν επαρκεί από μόνη της για αναλυτική ιεράρχηση σε περιβάλλοντα όπου απαιτούνται αριθμητικά τεκμήρια.

Η Fault Tree Analysis αποτέλεσε το πλέον «βαθύ» από τα τέσσερα εργαλεία ως προς την αιτιοκρατική λογική. Η κύρια συνεισφορά της ήταν ότι επέτρεψε την αποδόμηση του ατυχήματος σε βασικά γεγονότα και συνδυασμούς αστοχιών, αναδεικνύοντας πως η πτώση από ύψος δεν είναι προϊόν μίας μόνο αποτυχίας, αλλά συνισταμένη πολλαπλών αδυναμιών του συστήματος. Το πλεονέκτημα αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό σε επίπεδο διερεύνησης σοβαρών συμβάντων, ανασχεδιασμού διαδικασιών ή διαμόρφωσης στρατηγικών πρόληψης. Ωστόσο, η μεγαλύτερη αναλυτική δύναμη της FTA συνοδεύεται από αυξημένες απαιτήσεις σε δεδομένα, χρόνο και τεχνική εξειδίκευση, γεγονός που περιορίζει την ευκολία εφαρμογής της σε καθημερινό εργοταξιακό επίπεδο.

Με βάση τα παραπάνω, η συγκριτική αποτίμηση των τεσσάρων μοντέλων οδηγεί σε ένα σαφές συμπέρασμα: το καταλληλότερο εργαλείο δεν είναι το ίδιο σε κάθε περίπτωση. Για ταχεία και λειτουργική αποτύπωση, η Risk Matrix παραμένει χρήσιμη. Για αναλυτικότερη ιεράρχηση και υποστήριξη αποφάσεων, η Fine-Kinney εμφανίζεται πιο αποτελεσματική. Για χαρτογράφηση φραγμών και ενίσχυση της κατανόησης της λογικής πρόληψης, το Bow-Tie υπερέχει. Για εις βάθος διερεύνηση αιτιωδών αλυσίδων και αναγνώριση κρίσιμων συνδυασμών αποτυχίας, η FTA προσφέρει τη μεγαλύτερη αναλυτική ισχύ.

Η παρούσα εργασία, συνεπώς, δεν καταλήγει στην ανάδειξη ενός και μοναδικού «καλύτερου» μοντέλου. Αντίθετα, υποστηρίζει ότι ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος εκτίμησης κινδύνου στο εργοτάξιο είναι η συνδυαστική χρήση εργαλείων διαφορετικού βάθους και λογικής. Στις συνθήκες των σύγχρονων τεχνικών έργων, όπου οι κίνδυνοι είναι



πολυπαραγοντικοί και δυναμικοί, μια τέτοια προσέγγιση φαίνεται όχι απλώς χρήσιμη αλλά αναγκαία.

6.3 Προτάσεις για την πρακτική αξιοποίηση των ευρημάτων από μηχανικούς και υπευθύνους ΥΑΕ

Τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης δεν έχουν μόνο θεωρητική αξία, αλλά προσφέρουν και σαφείς κατευθύνσεις για την πράξη. Εφόσον η ανάλυση έδειξε ότι η πτώση από ύψος συνιστά κίνδυνο πολύ υψηλής σοβαρότητας, ο οποίος παράγεται από την αλληλεπίδραση τεχνικών, ανθρώπινων και οργανωτικών παραγόντων, οι προτάσεις που διατυπώνονται δεν μπορούν να είναι αποσπασματικές. Απαιτείται μια συνεκτική στρατηγική πρόληψης, η οποία να συνδέει την εκτίμηση κινδύνου με την καθημερινή λειτουργία του εργοταξίου.

Πρώτη και βασική πρόταση είναι η ενίσχυση της λογικής της πολυεπίπεδης εκτίμησης κινδύνου. Στην πράξη, πολλά εργοτάξια εξακολουθούν να αρκούνται σε τυπικά ή στατικά έντυπα αξιολόγησης, τα οποία λειτουργούν περισσότερο ως τεκμήρια συμμόρφωσης και λιγότερο ως εργαλεία ενεργού πρόληψης. Η παρούσα εργασία δείχνει ότι μια πιο αποτελεσματική πρακτική θα ήταν η διαδοχική ή παράλληλη αξιοποίηση διαφορετικών εργαλείων: αρχική αναγνώριση κινδύνων μέσω απλούστερων μεθόδων, αναλυτικότερη ιεράρχηση μέσω ημιποσοτικών μοντέλων και συστημική διερεύνηση των κρίσιμων κινδύνων μέσω δομικών μεθόδων ανάλυσης. Για τους μηχανικούς και τους υπευθύνους ΥΑΕ αυτό σημαίνει ότι η εκτίμηση κινδύνου πρέπει να ενταχθεί σε μια διαδικασία που ανανεώνεται, εμβαθύνεται και προσαρμόζεται, και όχι να αντιμετωπίζεται ως εφάπαξ διοικητικό βήμα.

Δεύτερη πρόταση είναι η ουσιαστική προτεραιοποίηση των συλλογικών μέτρων προστασίας έναντι της αποκλειστικής εξάρτησης από τα μέσα ατομικής προστασίας. Η ανάλυση του σεναρίου έδειξε καθαρά ότι η απουσία κιγκλιδωμάτων, προστατευτικών άκρων ή άλλων συλλογικών φραγμών αυξάνει δραστικά την πιθανότητα σοβαρού ατυχήματος. Οι υπεύθυνοι έργου οφείλουν, επομένως, να μετατοπίσουν την έμφαση από τη λογική «ο εργαζόμενος να προσέχει» στη λογική του τεχνικά οργανωμένου ασφαλούς περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού και της προετοιμασίας του εργοταξίου θα πρέπει να προβλέπονται σταθερές ή προσωρινές κατασκευές προστασίας, σαφής οριοθέτηση επικίνδυνων ζωνών, έλεγχος των σημείων πρόσβασης και διαδικασίες επιθεώρησης πριν από κάθε φάση εργασιών σε ύψος.



Τρίτη πρόταση αφορά την εκπαίδευση και την εποπτεία. Η έρευνα ανέδειξε ότι η εκπαίδευση δεν είναι απλώς βοηθητικό μέτρο, αλλά βασικός προληπτικός μηχανισμός. Ωστόσο, στην πράξη η εκπαίδευση συχνά παραμένει γενική, τυπική ή αποσπασματική. Για να είναι ουσιαστική, πρέπει να είναι στοχευμένη σε συγκεκριμένες εργασίες, να συνδέεται με πραγματικά σενάρια κινδύνου, να περιλαμβάνει πρακτικές εφαρμογές και να επαναλαμβάνεται όταν αλλάζουν οι συνθήκες του έργου. Παράλληλα, η επίβλεψη οφείλει να είναι ενεργή και καθημερινή. Ο ρόλος του τεχνικού ασφαλείας και των στελεχών του εργοταξίου δεν περιορίζεται στον τυπικό έλεγχο, αλλά περιλαμβάνει τη συνεχή αναγνώριση αποκλίσεων, την άμεση διόρθωση επικίνδυνων πρακτικών και τη δημιουργία κλίματος όπου η συμμόρφωση με την ασφάλεια θεωρείται αναγκαίος όρος επαγγελματισμού.

Τέταρτη πρόταση είναι η σύνδεση της πρόληψης με τη διοίκηση του έργου. Συχνά η ασφάλεια αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστή λειτουργία, αποσυνδεδεμένη από τον προγραμματισμό, την παραγωγικότητα ή την οικονομική διαχείριση. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας δείχνουν ότι αυτή η λογική είναι προβληματική. Η πίεση χρόνου, οι αλληλοεπικαλύψεις συνεργείων και η ανεπαρκής οργάνωση του χώρου εργασίας δεν είναι εξωτερικά προς την ασφάλεια ζητήματα, αλλά δομικοί παράγοντες κινδύνου. Για τον λόγο αυτό, οι μηχανικοί έργου και οι διοικήσεις των εργοληπτικών επιχειρήσεων χρειάζεται να ενσωματώνουν την ΥΑΕ στον χρονοπρογραμματισμό, στην κατανομή πόρων, στη διαχείριση υπεργολάβων και στις διαδικασίες παρακολούθησης της προόδου. Η πρόληψη πρέπει να μετατραπεί σε οργανικό μέρος του τρόπου διοίκησης του έργου.

Πέμπτη πρόταση αφορά την αξιοποίηση των ευρημάτων σε στρατηγικό επίπεδο. Η ανάλυση έδειξε ότι το κόστος της μη πρόληψης είναι πολλαπλό και διαχέεται στον εργαζόμενο, στην επιχείρηση και στην κοινωνία. Επομένως, οι αποφάσεις για μέτρα ασφαλείας δεν πρέπει να βασίζονται μόνο στο άμεσο κόστος εγκατάστασης ή εφαρμογής τους, αλλά στη συνολική σχέση κόστους και οφέλους. Οι υπεύθυνοι ΥΑΕ και τα διοικητικά στελέχη των έργων μπορούν να αξιοποιούν τα αποτελέσματα μοντέλων όπως η Fine–Kinney ή η FTA ως τεκμηριωτική βάση για την υποστήριξη επενδύσεων στην πρόληψη, αποδεικνύοντας ότι η ασφάλεια συνδέεται με τη μείωση καθυστερήσεων, τη σταθερότητα του έργου και την προστασία της φήμης του οργανισμού.

Τέλος, μια ακόμη κρίσιμη πρόταση είναι η σταδιακή ενσωμάτωση ψηφιακών και δυναμικών μεθόδων παρακολούθησης, όπου αυτό είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό. Η παρούσα εργασία δεν βασίστηκε σε πρωτογενή ψηφιακά δεδομένα, ωστόσο η



βιβλιογραφική επισκόπηση ανέδειξε την αυξανόμενη σημασία φορετών συσκευών, αισθητήρων, BIM, ανάλυσης συμβάντων και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης. Οι μηχανικοί και οι υπεύθυνοι ΥΑΕ δεν χρειάζεται απαραίτητα να περάσουν άμεσα σε πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα, αλλά μπορούν να κινηθούν βηματικά προς πιο δυναμικές μορφές εκτίμησης κινδύνου, που λαμβάνουν υπόψη τη μεταβλητότητα των εργοταξιακών συνθηκών και δεν περιορίζονται σε στατικές καταγραφές.

Συνοψίζοντας, η πρακτική αξιοποίηση των ευρημάτων της παρούσας εργασίας στηρίζεται σε πέντε αλληλοσυνδεόμενες κατευθύνσεις: πολυεπίπεδη εκτίμηση κινδύνου, προτεραιότητα στα συλλογικά μέτρα προστασίας, ουσιαστική εκπαίδευση και εποπτεία, οργανική ενσωμάτωση της ασφάλειας στη διοίκηση του έργου και σταδιακή υιοθέτηση πιο δυναμικών και τεχνολογικά υποστηριζόμενων εργαλείων. Μόνο μέσα από έναν τέτοιο συνδυασμό είναι δυνατό να ενισχυθεί ουσιαστικά η πρόληψη των πτώσεων από ύψος στο σύγχρονο εργοταξιακό περιβάλλον.

6.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα εργασία επιχείρησε να καλύψει ένα ουσιαστικό κενό στη βιβλιογραφία, εξετάζοντας συγκριτικά τέσσερα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου στο ίδιο σενάριο πτώσης από ύψος. Παρότι η συμβολή αυτή είναι σημαντική, ταυτόχρονα αναδεικνύει μια σειρά από πεδία που αξίζουν περαιτέρω ερευνητική διερεύνηση.

Μία πρώτη κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα αφορά την εμπειρική εφαρμογή των μοντέλων σε πραγματικά εργοτάξια διαφορετικού τύπου και κλίμακας. Η παρούσα μελέτη βασίστηκε σε υποθετικό αλλά ρεαλιστικό σενάριο, γεγονός που επέτρεψε τη συγκριτική εφαρμογή των μεθόδων υπό ελεγχόμενο αναλυτικό πλαίσιο. Ωστόσο, θα είχε ιδιαίτερη αξία η μελλοντική αξιολόγηση των ίδιων εργαλείων σε ενεργά έργα οικοδομικών, οδικών, λιμενικών ή βιομηχανικών κατασκευών, ώστε να εξεταστεί σε ποιο βαθμό διαφοροποιούνται τα αποτελέσματα ανάλογα με το θεσμικό πλαίσιο, το μέγεθος του έργου, την κουλτούρα ασφάλειας και τη δομή της εργοταξιακής οργάνωσης.

Μία δεύτερη σημαντική κατεύθυνση είναι η σύνδεση των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου με ποσοτικές αναλύσεις κόστους και οφέλους. Αν και η παρούσα εργασία ανέδειξε τη σημασία του κόστους μη πρόληψης και της οικονομικής απόδοσης των προληπτικών μέτρων, η σύνδεση αυτή παρέμεινε κυρίως αναλυτική και ερμηνευτική. Μελλοντικές έρευνες μπορούν να επιχειρήσουν τη συστηματική ποσοτικοποίηση των οικονομικών συνεπειών



συγκεκριμένων κινδύνων και την αντιπαραβολή τους με το κόστος πρόληψης, δημιουργώντας εργαλεία πιο άμεσα αξιοποιήσιμα από διοικήσεις έργων και οργανισμούς.

Τρίτη κατεύθυνση αφορά την ανάπτυξη και αξιολόγηση υβριδικών μοντέλων. Η διεθνής βιβλιογραφία δείχνει ήδη σαφή μετατόπιση από τα κλασικά ποιοτικά και ημιποσοτικά εργαλεία προς προσεγγίσεις που συνδυάζουν ασαφή λογική, πολυκριτηριακή ανάλυση, Bayesian networks και δομικά μοντέλα αιτιότητας. Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει κατά πόσο τέτοια υβριδικά σχήματα προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια, χωρίς να χάνουν τη λειτουργικότητά τους σε πραγματικές εργοταξιακές συνθήκες. Ιδιαίτερα χρήσιμη θα ήταν η σύγκριση ανάμεσα σε κλασικές και υβριδικές εκδοχές της Fine-Kinney ή η σύνδεση Bow-Tie και FTA με πιθανολογικά μοντέλα.

Τέταρτη κατεύθυνση είναι η ένταξη δυναμικών και τεχνολογικά υποστηριζόμενων δεδομένων στην εκτίμηση κινδύνου. Η σύγχρονη έρευνα στρέφεται όλο και περισσότερο προς φορητές συσκευές, αισθητήρες, ανάλυση φυσιολογικών ενδείξεων, συστήματα εντοπισμού θέσης, τεχνολογίες BIM και εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης που υπόσχονται εκτίμηση κινδύνου σε πραγματικό χρόνο. Το κρίσιμο ζήτημα, ωστόσο, δεν είναι μόνο η τεχνική δυνατότητα των συστημάτων αυτών, αλλά η αξιοπιστία, η ερμηνευσιμότητα και η αποδοχή τους από τους τελικούς χρήστες. Μελλοντικές μελέτες χρειάζεται να εστιάσουν ακριβώς σε αυτή τη σύνδεση μεταξύ τεχνολογικής και οργανωσιακής διάστασης της πρόληψης.

Πέμπτη κατεύθυνση συνδέεται με τους ανθρώπινους και οργανωσιακούς παράγοντες. Η παρούσα εργασία ανέδειξε ότι η πτώση από ύψος δεν είναι μόνο τεχνικό πρόβλημα αλλά και έκφραση ζητημάτων όπως η εκπαίδευση, η κόπωση, η επίβλεψη, η πίεση χρόνου και η κουλτούρα ασφάλειας. Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να στραφεί πιο συστηματικά στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι οργανωσιακές κουλτούρες επηρεάζουν την επιλογή, την εφαρμογή και την αποτελεσματικότητα των μοντέλων εκτίμησης κινδύνου. Ειδικά ποιοτικές ή μικτές μελέτες, με συνεντεύξεις μηχανικών, τεχνικών ασφαλείας και εργαζομένων, θα μπορούσαν να αποδώσουν πιο καθαρά το πώς βιώνεται στην πράξη η διαδικασία της πρόληψης.

Έκτη και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα προοπτική είναι η διασύνδεση της εκτίμησης κινδύνου με τα ευρύτερα πλαίσια βιωσιμότητας και ESG. Η εργασία έδειξε ότι τα ζητήματα ΥΑΕ δεν είναι αποκομμένα από τις ευρύτερες απαιτήσεις εταιρικής υπευθυνότητας, κοινωνικής βιωσιμότητας και διακυβέρνησης. Επομένως, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να



εξετάσουν κατά πόσο η ποιότητα της εκτίμησης κινδύνου και η ωριμότητα των πρακτικών πρόληψης μπορούν να ενσωματωθούν σε δείκτες βιωσιμότητας επιχειρήσεων του κατασκευαστικού τομέα και να επηρεάσουν την αξιολόγηση της συνολικής τους επίδοσης.

Συνολικά, η μελλοντική έρευνα στον τομέα της εκτίμησης κινδύνων σε εργοτάξια καλείται να κινηθεί προς περισσότερο εμπειρικά, διασυνδεδεμένα και δυναμικά πλαίσια. Η περαιτέρω μελέτη δεν πρέπει να περιοριστεί στη βελτίωση των μαθηματικών ή λογικών πτυχών των μοντέλων, αλλά να επεκταθεί στη διερεύνηση της λειτουργικής τους προσαρμογής, της σχέσης τους με την οργανωσιακή πράξη και της δυνατότητάς τους να υποστηρίξουν μια πραγματικά προληπτική κουλτούρα ασφάλειας στις κατασκευές.

6.5 Τελική σύνθεση

Η παρούσα διπλωματική εργασία κατέδειξε ότι η εκτίμηση κινδύνου στην Υγεία και Ασφάλεια της Εργασίας στα εργοτάξια αποτελεί ένα πεδίο όπου η θεωρητική ανάλυση, η μεθοδολογική επιλογή και η πρακτική εφαρμογή συνδέονται άμεσα. Η συγκριτική εφαρμογή τεσσάρων διαφορετικών μοντέλων στο ίδιο σενάριο πτώσης από ύψος επιβεβαίωσε ότι ο συγκεκριμένος κίνδυνος παραμένει από τους πλέον κρίσιμους στον κατασκευαστικό τομέα και ότι η αποτελεσματική του πρόληψη απαιτεί συνδυασμό αναγνώρισης, ιεράρχησης, συστημικής ανάλυσης και οργανωτικής ετοιμότητας.

Η εργασία δεν οδηγεί στην απλουστευτική κατάληξη ότι ένα μοντέλο αρκεί για κάθε περίπτωση. Αντίθετα, αναδεικνύει ότι η ποιοτική αποτίμηση, η ημιποσοτική τεκμηρίωση και η εις βάθος ανάλυση αιτιότητας αποτελούν αλληλοσυμπληρούμενα επίπεδα της ίδιας διαδικασίας. Μέσα από αυτή τη λογική, η συμβολή της μελέτης συνίσταται όχι μόνο στην αποτύπωση των πλεονεκτημάτων και περιορισμών κάθε μεθόδου, αλλά και στην ανάδειξη μιας περισσότερο ώριμης και ρεαλιστικής αντίληψης για την πρόληψη στα εργοτάξια.

Τελικά, η πρόληψη πτώσεων από ύψος δεν είναι ζήτημα αποκλειστικά τεχνικό, ούτε αποκλειστικά κανονιστικό. Είναι ζήτημα σχεδιασμού, διοίκησης, εκπαίδευσης, κουλτούρας ασφάλειας και στρατηγικής επιλογής. Υπό αυτή την έννοια, η εκτίμηση κινδύνου δεν αποτελεί μια τυπική υποχρέωση, αλλά έναν από τους βασικότερους μηχανισμούς μέσω των οποίων η ασφάλεια μπορεί να μετατραπεί από θεωρητικό ζητούμενο σε καθημερινή εργοταξιακή πραγματικότητα.



Βιβλιογραφία

- Amissah, J., Agyei-Baffour, P., Badu, E., Agyeman, J. K., & Badu, E. D. (2019). The Cost of Managing Occupational Injuries Among Frontline Construction Workers in Ghana. *Value in Health Regional Issues*, 19, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.vhri.2019.06.002>
- Anthony (Tony)Cox Jr, L. (2008). What's Wrong with Risk Matrices? *Risk Analysis*, 28(2), 497–512. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x>
- Bourahla, A., Fernandes, G., & Ferreira, L. M. D. F. (2024). Managing Occupational Health and Safety Risks in Construction Projects to Achieve Social Sustainability – A Review of Literature. *Procedia Computer Science*, 239, 1053–1061. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.269>
- Cao, Z., Chen, T., & Cao, Y. (2023). Multiple factor comprehensive analysis (CAMF) model of occupational health and safety training effect for construction workers. *Journal of Engineering Research*, 11(1), 400–422. <https://doi.org/10.36909/jer.11685>
- Carvajal-Arango, D., Vásquez-Hernández, A., & Botero-Botero, L. F. (2021). Assessment of subjective workplace well-being of construction workers: A bottom-up approach. *Journal of Building Engineering*, 36, 102154. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102154>
- Chen, Q.-Y., Liu, H.-C., Wang, J.-H., & Shi, H. (2022). New model for occupational health and safety risk assessment based on Fermatean fuzzy linguistic sets and CoCoSo approach. *Applied Soft Computing*, 126, 109262. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109262>
- Chen, W., & Gu, D. (2025). Real-time physical fatigue risk assessment for construction workers using a teacher-student training paradigm. *Automation in Construction*, 177, 106372. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106372>
- Cheng, M.-Y., Soegiono, D. V. N., & Khitam, A. F. K. (2025). Automated fall risk classification for construction workers using wearable devices, BIM, and optimized hybrid deep learning. *Automation in Construction*, 172, 106072. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106072>
- Cheng, M.-Y., Vu, Q.-T., & Teng, R.-K. (2024). Real-time risk assessment of multi-parameter induced fall accidents at construction sites. *Automation in Construction*, 162, 105409. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105409>



- Chong, D., Wang, C., Hao, G., Jia, S., & Guo, X. (2024). Prediction and quantification of occupational health risk in road construction workers exposed to asphalt emissions. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140328. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140328>
- Drescher, K., & Janzen, B. (2025). When weather wounds workers: The impact of temperature on workplace accidents. *Journal of Public Economics*, 241, 105258. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2024.105258>
- Duorinaah, F. X., Olatunbosun, S. O., Won, J.-H., Chi, H.-L., & Kim, M.-K. (2025). Assessment of construction workers' fall-from-height risk using multi-physiological data and virtual reality. *Automation in Construction*, 176, 106254. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106254>
- Fatima, S. H., Giles, L. C., Rothmore, P., Varghese, B. M., & Bi, P. (2025). Heatwaves and occupational injuries and illnesses risk varied at localised spatial scale: A national study in Australia. *Safety Science*, 181, 106684. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106684>
- Hosseinian, S. S., & Jabbarani Torghabeh, Z. (2012). Major theories of construction accident causation models: A literature review. *Int. J. Adv. Eng. Technol.*, 4.
- Hu, Y., Li, H., Cheng, M., Zhang, M., Han, S., & Umer, W. (2025). A mobile receiver WiFi-CSI approach for fall detection of construction workers. *Developments in the Built Environment*, 23, 100745. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2025.100745>
- Huang, X., Luo, H., Kang, J., & Liu, J. (2025). Worker-Centric Construction Noise Management: A Systematic Review of Assessment, Monitoring, Modelling, and Control. *Building and Environment*, 280, 113131. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113131>
- Ju, H., Bulbul, T., Yang, X., & Withers, J. (2025). Risk awareness assessment of construction workers wearing AR head-mounted displays using EEG signals. *Journal of Safety Research*, 95, 237–250. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2025.10.011>
- Karatas, I. (2025). Deep learning-based system for prediction of work at height in construction site. *Heliyon*, 11(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41779>
- Khan, M., & Nnaji, C. (2025). Gender-specific effects of passive wearable exoskeletons (pwExo) on gait stability and fall risk in simulated construction tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 108, 103776. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2025.103776>



- Khan, M., Nnaji, C., Khan, M. S., Ibrahim, A., Lee, D., & Park, C. (2023). Risk factors and emerging technologies for preventing falls from heights at construction sites. *Automation in Construction*, 153, 104955. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104955>
- Kim, T., Kim, S., Chern, W.-C., Park, S., Kim, D., & Kim, H. (2025). Optimizing large vision-language models for context-aware construction safety assessment. *Automation in Construction*, 180, 106510. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106510>
- Li, H., Wang, Y., Chong, D., Rajendra, D., & Skitmore, M. (2024). Fine-Kinney fuzzy-based occupational health risk assessment for Workers in different construction trades. *Automation in Construction*, 168, 105738. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105738>
- Lin, J., Li, Q., Wu, C., & Zhang, K. (2025). A targeted memory-based intervention model of construction workers' unsafe behavior in human-robot interactions. *Advanced Engineering Informatics*, 68, 103651. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.103651>
- Liu, Q., Ding, Y., & Luo, X. (2025). Automated knowledge graph-based risk assessment for fall-from-height accidents in construction. *Automation in Construction*, 179, 106482. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106482>
- Liu, R., Liu, H.-C., Shi, H., & Gu, X. (2023). Occupational health and safety risk assessment: A systematic literature review of models, methods, and applications. *Safety Science*, 160, 106050. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106050>
- Liu, R., Liu, Z., Liu, H.-C., & Shi, H. (2021). An improved alternative queuing method for occupational health and safety risk assessment and its application to construction excavation. *Automation in Construction*, 126, 103672. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103672>
- Lyu, P., & Song, S. (2024). Severity Analysis for Occupational Heat-related Injury Using the Multinomial Logit Model. *Safety and Health at Work*, 15(2), 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2024.03.005>
- Mohandes, S. R., Karasan, A., Gündoğdu, F. K., Singh, A. K., Mahdiyar, A., Poor Sabet, P. G., & Zayed, T. (2025). Occupational safety and health risk assessment during maintenance stage of construction projects: A multi-pronged fuzzy-based approach. *Expert Systems with Applications*, 280, 127522. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.127522>



- Mohandes, S. R., & Zhang, X. (2021). Developing a Holistic Occupational Health and Safety risk assessment model: An application to a case of sustainable construction project. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125934. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125934>
- Moreira, F. G. P., Pereira de Oliveira, C., & Farias, C. A. (2024). Workplace accidents and the probabilities of injuries occurring in the civil construction industry in Brazilian Amazon: A descriptive and inferential analysis. *Safety Science*, 173, 106449. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106449>
- Newaz, M. T., Ershadi, M., Jefferies, M., & Davis, P. (2024). A critical review of the feasibility of emerging technologies for improving safety behavior on construction sites. *Journal of Safety Research*, 89, 269–287. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.04.006>
- Pinto, A. (2014). QRAM a Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. *Safety Science*, 63, 57–76. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.019>
- Pinto, A., Ribeiro, R. A., & Nunes, I. L. (2013). Ensuring the Quality of Occupational Safety Risk Assessment. *Risk Analysis*, 33(3), 409–419. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01898.x>
- Sadeghi, H., Cheung, C. M., Yunusa-Kaltungo, A., & Manu, P. (2025). A systematic review of occupational safety and health in modular integrated construction. *Safety Science*, 189, 106897. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106897>
- Sánchez-Lite, A., Fuentes-Bargues, J. L., Geijo-Barrientos, J. M., González-Gaya, C., & Sampaio, A. Z. (2025). Key predictors of injury severity in occupational accidents involving construction-site vehicles. *Results in Engineering*, 28, 107762. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107762>
- Shehadeh, A., & Alshboul, O. (2025). Enhancing occupational safety in Construction: Predictive analytics using advanced ensemble machine learning algorithms. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 159, 111761. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111761>
- Tanvi Newaz, M., Ershadi, M., Carothers, L., Jefferies, M., & Davis, P. (2022). A review and assessment of technologies for addressing the risk of falling from height on construction sites. *Safety Science*, 147, 105618. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105618>



- Tong, C., Wang, Y., Liu, H., Tong, B., Zhu, J., & Kou, M. (2025). From risk management to AI-driven safety: A bibliometric review of occupational safety and health research. *Results in Engineering*, 28, 107440. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107440>
- Torres, K., Noguera, M., Castañeda, K., & Sánchez, O. (2025). Causal factors and prevention strategies of accidents in residential construction: Perspectives from construction managers. *Safety Science*, 191, 106972. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106972>
- Vielma, C., Achebak, H., Quijal-Zamorano, M., Lloyd, S. J., Chevance, G., & Ballester, J. (2024). Association between temperature and occupational injuries in Spain: The role of contextual factors in workers' adaptation. *Environment International*, 192, 109006. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109006>
- Wang, L., Huang, Y., Wang, Y., Gu, B., Li, B., & Fang, D. (2025). Comprehensive lifecycle safety risk assessment for construction robotics using T-S fault tree analysis and Bayesian network. *Automation in Construction*, 172, 106041. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106041>
- Wang, Q., Shen, C., Guo, Z., & Tang, C. (2025). Identifying falling-from-height hazards in building information models: From the perspectives of time and location. *Journal of Building Engineering*, 104, 112377. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.112377>
- Zhang, Z., Guo, H., Gao, P., Wang, Y., & Fang, Y. (2023). Impact of owners' safety management behavior on construction workers' unsafe behavior. *Safety Science*, 158, 105944. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105944>
- Zhou, Z., Yu, X., Magoua, J. J., Cui, J., Luan, H., & Lin, D. (2025). Integrating machine learning and a large language model to construct a domain knowledge graph for reducing the risk of fall-from-height accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 215, 108009. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2025.108009>
- Zhou, Z., Zhuo, W., Cui, J., Luan, H., Chen, Y., & Lin, D. (2025). Developing a deep reinforcement learning model for safety risk prediction at subway construction sites. *Reliability Engineering & System Safety*, 257, 110885. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2025.110885>



Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.