

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ανάλυση Εργασιακών Κινδύνων και Κριτήρια
Αποδοχής Ρίσκου στην Κατασκευή Στεγάστρου
Συρμών ΤΡΑΜ»**

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΣΙΤΣΑ

Α.Μ.: 159147

Υπεύθυνος Καθηγητής: ΜΑΝΑΡΙΩΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

**ΠΑΤΡΑ
Μάιος 2026**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
INTRODUCTION.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
1.1 Σκοπός και Στόχοι της Διπλωματικής	11
1.2 Σημασία της Ασφάλειας σε Έργα Μεγάλης Κλίμακας.....	11
1.3 Παράδειγμα Εφαρμογής: Στέγαστρο Στάθμευσης Συρμών TRAM.....	12
1.4 Μεθοδολογία και Δομή Εργασίας	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	13
Θεωρητικό Υπόβαθρο και Νομοθεσία.....	13
2.1 Βασικές Έννοιες Επαγγελματικής Ασφάλειας.....	13
2.1.1 Το Μοντέλο "Ελβετικού Τυριού" (Swiss Cheese Model).....	14
2.1.2 Πυραμίδα Ατυχημάτων (Heinrich Triangle)	14
2.2 Ελληνικό Νομοθετικό Πλαίσιο	15
2.2.1 Νόμος 3850/2010 – Κώδικας Νόμων για την Υγεία και Ασφάλεια.....	15
2.2.2 Π.Δ. 305/1996 – Ασφάλεια σε Προσωρινά ή Κινητά Εργοτάξια	15
2.2.3 Λοιπές Σχετικές Διατάξεις	16
2.3 Διεθνή Πρότυπα Διαχείρισης Ασφάλειας.....	16
2.3.1 ISO 45001:2018 – Σύστημα Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας	16
2.3.2 ISO 31000:2018 – Διαχείριση Κινδύνου	17
2.4 Τεχνικά Πρότυπα Μεταλλικών Κατασκευών.....	18
2.4.1 EN 1090-2 – Εκτέλεση Μεταλλικών Κατασκευών	18
2.5 Μέθοδοι Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου	19
2.5.1 Ανάλυση Ασφάλειας Εργασίας (Job Safety Analysis – JSA).....	19
2.5.2 Μήτρα Κινδύνου (Risk Matrix)	19
2.5.3 Λοιπές Μέθοδοι	20
2.6 Ασφάλεια σε Εργασίες Ανύψωσης και Εγκατάστασης Καλωδίων	20
2.7 Σύνοψη	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	22
Περιγραφή Έργου και Μεθοδολογία Εκτέλεσης	22
3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Έργου.....	22

3.1.1 Στοιχεία Μεταλλικής Κατασκευής	23
3.1.2 Βάρη Κύριων Δομικών Στοιχείων	24
3.2 Υλικά και Πρότυπα Κατασκευής.....	24
3.2.1 Δομικά Υλικά	24
3.2.2 Κανονιστικό Πλαίσιο και Πρότυπα Αναφοράς	25
3.3 Προετοιμασία Εργοταξίου.....	25
3.3.1 Οριοθέτηση Ζωνών Εργασίας.....	25
3.3.2 Έλεγχος Υπόγειων Δικτύων	26
3.3.3 Απομόνωση Εναέριας Γραμμής 750 V DC	26
3.3.4 Βοηθητική Υποδομή Συναρμολόγησης.....	26
3.4 Φάσεις Ανέγερσης Μεταλλικής Κατασκευής	26
3.4.1 Φάση 1 – Μεταφορά, Αποθήκευση και Συναρμολόγηση Τριεδρικών Φορέων.....	26
3.4.2 Φάση 2 – Ανύψωση και Τοποθέτηση Τριεδρικών Φορέων	27
3.4.3 Φάση 3 – Τοποθέτηση Κύριων Ζευκτών και Δευτερευόντων Στοιχείων	28
3.4.4 Φάση 4 – Ανέγερση Προβόλων και Τελική Επικάλυψη	28
3.5 Εγκατάσταση Καλωδίων Τροφοδοσίας Ισχύος Έλξης.....	28
3.5.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καλωδίων	28
3.5.2 Διαδρομή και Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης	29
3.5.3 Φάσεις Εγκατάστασης	29
3.6 Οργάνωση Προσωπικού και Εξοπλισμός	29
3.6.1 Ρόλοι και Αρμοδιότητες	29
3.6.2 Κύριος Εξοπλισμός Εκτέλεσης	30
3.7 Σύσφιξη, Έλεγχοι Ποιότητας και Τεκμηρίωση.....	30
3.7.1 Σύσφιξη Κοχλιών.....	30
3.7.2 Διαστασιολογικοί Έλεγχοι	31
3.7.3 Τεκμηρίωση.....	31
3.8 Συνοπτική Παρουσίαση Φάσεων Εκτέλεσης	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	33
Αναγνώριση και Εκτίμηση Κινδύνων (Risk Assessment).....	33
4.1 Σκοπός Εκτίμησης Κινδύνου	33
4.2 Μεθοδολογία – Μήτρα Κινδύνου 5×5	33
4.2.1 Κλίμακα Πιθανότητας (P).....	34
4.2.2 Κλίμακα Σοβαρότητας (S).....	34
4.2.3 Μήτρα Κινδύνου και Κατηγοριοποίηση Επικινδυνότητας.....	35

4.3 Αναγνώριση Κινδύνων	35
4.3.1 Εργασία σε Ύψος	36
4.3.2 Ανυψώσεις με Γερανούς	36
4.3.3 Πτώση Υλικών	36
4.3.4 Ηλεκτροπληξία (750 V DC).....	36
4.3.5 Χειρωνακτική Διακίνηση Φορτίων	36
4.3.6 Κίνδυνοι από Μηχανικό Εξοπλισμό	37
4.3.7 Ανθρώπινοι και Οργανωτικοί Παράγοντες	37
4.3.8 Συνοπτική Εκτίμηση Αρχικής Επικινδυνότητας (R_0)	37
4.4 Διαδικασία Εκτίμησης ($R_0 \rightarrow R_1$).....	38
4.5 Εκτίμηση Κινδύνου ανά Φάση Έργου	38
4.6 Εκτίμηση Κινδύνου Εργασιών Εγκατάστασης Καλωδίων	39
4.7 Ιεραρχία Ελέγχου Κινδύνων	39
4.7.1 Εξάλειψη (Elimination)	39
4.7.2 Αντικατάσταση (Substitution)	40
4.7.3 Τεχνικά Μέτρα (Engineering Controls)	40
4.7.4 Οργανωτικά Μέτρα (Administrative Controls).....	40
4.7.5 Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ)	40
4.8 Ανθρώπινοι Παράγοντες και Επίδραση στην Επικινδυνότητα	40
4.8.1 Βασικοί Παράγοντες.....	41
4.8.2 Μέτρα Αντιμετώπισης	41
4.9 Δείκτες Ασφάλειας (Safety KPIs).....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	43
Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου.....	43
5.1 Σκοπός Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου.....	43
5.2 Όρια Αποδοχής Κινδύνου	44
5.3 Διαδικασία Αποδοχής Κινδύνου	44
5.4 Τεκμηρίωση Αποδοχής Κινδύνου	45
5.5 Ρόλοι και Αρμοδιότητες	45
5.6 Ειδικά Κριτήρια Αποδοχής Τεχνικών Εργασιών	46
5.6.1 Εργασίες Ανύψωσης	46
5.6.2 Συναρμολόγηση Μεταλλικών Στοιχείων	46
5.6.3 Εργασία σε Ύψος	46
5.6.4 Ηλεκτρολογικές Εργασίες	47

5.7 Κριτήρια Αποδοχής Εργασιών Καλωδίων	47
5.8 Οργανωτικά Κριτήρια Αποδοχής.....	48
5.9 Συμμόρφωση με Τεχνικά Πρότυπα	48
5.10 Κανόνες Λήψης Απόφασης	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	50
Μέτρα Πρόληψης και Προστασίας με Παραδείγματα Εφαρμογών	50
6.1 Στόχος και Φιλοσοφία Πρόληψης.....	50
6.2 Συλλογικά Μέτρα Προστασίας	50
6.2.1 Κιγκλιδώματα και Περιφράξεις	51
6.2.2 Αντιολισθητικές Επιφάνειες	51
6.2.3 Πλατφόρμες Εργασίας.....	51
6.2.4 Ζώνες Αποκλεισμού	51
6.3 Φάσεις Εργασιών Καλωδίωσης – Case Study Μέτρων Πρόληψης	51
6.3.1 Παραλαβή και Εκφόρτωση Στροφείων	51
6.3.2 Προετοιμασία Υποδομών	52
6.3.3 Χειρωνακτική Εκτύλιξη.....	52
6.3.4 Μηχανική Έλξη Καλωδίων.....	52
6.3.5 Τελική Τοποθέτηση και Έλεγχος	52
6.4 Οργάνωση Συνεργείων και Ρόλων	52
6.5 Συνδυασμός Τεχνικών, Οργανωτικών Μέτρων και ΜΑΠ	53
6.6 Ανυψώσεις Φορτίων – Μέτρα και Παραδείγματα.....	54
6.7 Ηλεκτρολογικές Εργασίες – Διαδικασία LOTO	55
6.8 Housekeeping – Διαχείριση Εργοταξιακού Χώρου	55
6.9 Επιθεωρήσεις Εξοπλισμού.....	55
6.10 Method Statements	56
6.11 Διαχείριση Έκτακτων Αναγκών	56
6.12 Εκπαίδευση Προσωπικού	56
6.13 Επιθεωρήσεις και Audits.....	56
6.14 Ανθρώπινοι Παράγοντες – Εφαρμογή στο Έργο	57
6.15 Διαχείριση Καιρικών Συνθηκών	57
6.16 Δείκτες Απόδοσης (Safety KPIs) – Αποτελέσματα.....	57
6.17 Παραδείγματα Εφαρμογής Μείωσης Κινδύνου	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	59
Case Study – Εφαρμογή Μεθόδων Ασφαλείας στην Κατασκευή Στεγάστρου TRAM	59

7.1 Εισαγωγή και Περιγραφή του Έργου.....	59
7.1.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Έργου.....	59
7.1.2 Δομή και Πυλώνες Ασφάλειας.....	59
7.2 Μεθοδολογία Ανέγερσης.....	59
7.2.1 Μεταφορά και Αποθήκευση Μεταλλικών Τμημάτων	59
7.2.2. Έλεγχοι Υγείας Και Ασφαλείας Πριν Και Κατά Τη Διάρκεια Των Εργασιών	72
7.3 Μεθοδολογία Εγκατάστασης Καλωδίων Ισχύος.....	75
7.3.1 Τεχνικές Παράμετροι Εγκατάστασης.....	76
7.3.2 Φάσεις Εγκατάστασης Καλωδίων.....	76
7.3.3 Διαδικασία LOTO για Ηλεκτρολογικές Εργασίες.....	77
7.4 Εφαρμογή Μεθοδολογίας Risk Assessment	78
8.4.1 Κριτήριο Αποδοχής και Μήτρα Επικινδυνότητας.....	78
7.4.2 Διαδικασία $R_0 \rightarrow R_1$ ανά Δραστηριότητα.....	79
7.4.3 Ειδική Ανάλυση: Ανυψώσεις Τριεδρικών Φορέων	79
7.4.4 Ειδική Ανάλυση: Εγκατάσταση Καλωδίων.....	80
7.4.5 Ανθρώπινοι και Οργανωτικοί Παράγοντες	80
7.5 Ποσοτική Αξιολόγηση Επικινδυνότητας R_0-R_1 ανά Φάση Εργασιών.....	81
7.5.1 Φάσεις Ανέγερσης Μεταλλικής Κατασκευής.....	82
7.5.2 Φάσεις Εγκατάστασης Καλωδίων	83
7.5.3 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα	84
7.6 Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ).....	84
7.7 Δείκτες Απόδοσης Ασφάλειας (Safety KPIs).....	86
7.8 Πρακτικές Παρεμβάσεις κατά την Εκτέλεση.....	86
7.8.1 Διακοπή Ανυψώσεων λόγω Ανέμου	87
7.8.2 Αναστολή Εργασιών λόγω Ολισθηρότητας.....	87
7.8.3 Διορθωτικές Ενέργειες βάσει Near Miss.....	87
7.9 Συμπεράσματα Case Study.....	87
7.9.1 Βασικά Συμπεράσματα	87
7.9.2 Συμβολή στην Επιστήμη Ασφάλειας Έργων.....	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	89
Συμπεράσματα και Προτάσεις	89
8.1 Επίτευξη Στόχων της Εργασίας	89
8.2 Κύρια Ευρήματα.....	90
8.2.1 Αποτελεσματικότητα της Μεθοδολογίας Risk Assessment	90

8.2.2 Κρίσιμος Ρόλος των Ανθρώπινων Παραγόντων.....	90
8.2.3 Η Τεκμηρίωση ως Εργαλείο, όχι Τυπικότητα.....	91
8.2.4 Dual Lifting: Ο Υψηλότερος Κίνδυνος στο Έργο	91
8.2.5 Ασφάλεια και Παραγωγικότητα: Συμβατές Αξίες	91
8.3 Γενικευμένα Συμπεράσματα.....	92
8.4 Περιορισμοί της Εργασίας.....	92
8.5 Προτάσεις για Μελλοντική Εφαρμογή	93
8.5.1 Για τον Κατασκευαστικό Κλάδο	93
8.5.2 Για Μελλοντική Ακαδημαϊκή Έρευνα	93
8.6 Τελικό Συμπέρασμα	94
Βιβλιογραφία.....	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	96
ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ,	96
ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 – Τεχνικά Πρότυπα Αναφοράς.....	18
Πίνακας 2.2 – Σύνδεση Θεωρητικού Πλαισίου με Κεφάλαια Εργασίας.....	21
Πίνακας 3.1 – Βασικά Χαρακτηριστικά Έργου.....	23
Πίνακας 3.2 – Χαρακτηριστικά Κύριων Μεταφερόμενων Τεμαχίων	24
Πίνακας 3.3 – Πρότυπα και Κανονισμοί Αναφοράς.....	25
Πίνακας 3.4 – Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καλωδίου N(A2XH) 500 mm ²	28
Πίνακας 3.5 – Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης Καλωδίων	29
Πίνακας 3.6 – Ρόλοι Προσωπικού	29
Πίνακας 3.7 – Εξοπλισμός Εκτέλεσης	30
Πίνακας 3.8 – Ροπές Σύσφιξης Κοχλίων	31
Πίνακας 3.9 – Συνοπτική Παρουσίαση Φάσεων	31
Πίνακας 4.1 – Κλίμακα Πιθανότητας	34
Πίνακας 4.2 – Κλίμακα Σοβαρότητας.....	35
Πίνακας 4.3 – Κατηγοριοποίηση Κινδύνου	35
Πίνακας 4.4 – Αρχική Εκτίμηση Κινδύνων (R_0).....	37
Πίνακας 4.5 – Εκτίμηση Κινδύνου Ανά Φάση ($R_0 \rightarrow R_1$)	38
Πίνακας 4.6 – Risk Assessment Εργασιών Καλωδίων	39
Πίνακας 4.7 – Δείκτες Ασφάλειας (Safety KPIs)	41
Πίνακας 5.1 – Όρια Αποδοχής Κινδύνου	44
Πίνακας 5.2 – Τεχνικά Πρότυπα ως Κριτήρια Αποδοχής	48
Πίνακας 6.1 – Μείωση Κινδύνου (Risk Reduction Matrix).....	54
Πίνακας 7.1 – Χαρακτηριστικά Κύριων Μεταφερόμενων Τεμαχίων	60
Πίνακας 7.2 – Τεχνικές Παράμετροι Εγκατάστασης Καλωδίων	76
Πίνακας 7.3 – Διαβάθμιση Επικινδυνότητας.....	78
Πίνακας 7.4 – Μήτρα Επικινδυνότητας 5×5	79
Πίνακας 7.5 – Ανθρώπινοι Παράγοντες και Μέτρα Αντιμετώπισης	81
Πίνακας 7.6 – Εκτίμηση Κινδύνου: Φάσεις Ανέγερσης	82
Πίνακας 7.7 – Εκτίμηση Κινδύνου: Εγκατάσταση Καλωδίων	83
Πίνακας 7.8 – Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα R_0 – R_1	84
Πίνακας 7.9 – Μέσα Ατομικής Προστασίας	85
Πίνακας 7.10 – Δείκτες Απόδοσης Ασφάλειας.....	86
Πίνακας 8.1 – Σύνοψη Αποτελεσμάτων Risk Assessment.....	90

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ασφάλεια και η υγεία των εργαζομένων κατά την εκτέλεση τεχνικών έργων αποτελεί ζήτημα μείζονος σημασίας τόσο για την κοινωνία και την οικονομία, όσο και για τους ίδιους τους εργαζομένους. Τα τεχνικά έργα, και ειδικότερα εκείνα που σχετίζονται με υποδομές μεταφορών, χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας και συνδυασμό πολλαπλών δραστηριοτήτων, οι οποίες συνοδεύονται από αυξημένη επικινδυνότητα.

Η πρόληψη των ατυχημάτων και η προστασία της υγείας των εργαζομένων δεν αποτελούν μόνο νομική ή ηθική υποχρέωση, αλλά κρίσιμο παράγοντα για την ποιότητα, το κόστος και τον χρόνο ολοκλήρωσης ενός έργου. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Εργασίας (ILO), εκατομμύρια εργαζόμενοι παγκοσμίως υφίστανται κάθε χρόνο ατυχήματα ή επαγγελματικές ασθένειες, με τον κατασκευαστικό τομέα να παρουσιάζει αυξημένα ποσοστά επικινδυνότητας λόγω των συνθηκών εργασίας, όπως η εργασία σε ύψος, η χρήση βαρέος εξοπλισμού και η διαχείριση μεγάλων φορτίων.

Στην Ελλάδα, το θεσμικό πλαίσιο για την υγεία και ασφάλεια στην εργασία θεμελιώνεται στον Νόμο 3850/2010 και στο Π.Δ. 305/1996, το οποίο ενσωματώνει την Οδηγία 92/57/ΕΟΚ για τα προσωρινά και κινητά εργοτάξια. Παράλληλα, το διεθνές πρότυπο ISO 45001:2018 εισάγει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης υγείας και ασφάλειας, το οποίο εφαρμόζεται ευρέως σε τεχνικά έργα μεγάλης κλίμακας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την ανάλυση και αξιολόγηση των κινδύνων κατά την κατασκευή μεγάλων τεχνικών εγκαταστάσεων, με ιδιαίτερη έμφαση στη μελέτη περίπτωσης ενός μεταλλικού στεγάστρου στάθμευσης συρμών TRAM. Το συγκεκριμένο έργο αποτελεί ένα σύνθετο παράδειγμα, καθώς περιλαμβάνει εργασίες ανύψωσης και συναρμολόγησης μεταλλικών στοιχείων, εργασία σε ύψος και εγκατάσταση ηλεκτρολογικών συστημάτων.

Η δομή της εργασίας ακολουθεί μια συστηματική προσέγγιση: αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό και κανονιστικό πλαίσιο, στη συνέχεια αναλύεται το τεχνικό αντικείμενο του έργου και ακολουθεί η αναγνώριση και εκτίμηση των κινδύνων. Τέλος, παρουσιάζονται τα μέτρα πρόληψης και η εφαρμογή τους μέσω μελέτης περίπτωσης.

INTRODUCTION

The safety and health of workers during the execution of construction projects is a matter of paramount importance for society and the economy, as well as for the workers themselves. Construction projects, and especially those related to transport infrastructure, are characterized by a high degree of complexity and a combination of multiple activities, which are accompanied by increased risk.

Preventing accidents and protecting workers' health are not only legal or moral obligations, but also critical factors for the quality, cost, and timeline of a project. According to the International Labour Organization (ILO), millions of workers worldwide suffer accidents or occupational diseases each year, with the construction sector showing elevated risk levels due to working conditions such as work at height, the use of heavy equipment, and the handling of large loads.

In Greece, the institutional framework for occupational health and safety is founded on Law 3850/2010 and Presidential Decree 305/1996, which transposes EU Directive 92/57/EEC on temporary or mobile construction sites. In parallel, the international standard ISO 45001:2018 introduces a comprehensive occupational health and safety management system that is widely applied in large-scale engineering projects.

This thesis examines the analysis and assessment of risks during the construction of large technical installations, with particular emphasis on a case study involving a steel shelter for the parking of tram trains. The specific project is a complex example, as it includes lifting and assembly of steel components, work at height, and the installation of electrical systems.

The structure of the thesis follows a systematic approach: first, the theoretical and regulatory framework is presented; next, the project's technical scope is analyzed; this is followed by the identification and assessment of risks. Finally, preventive measures and their implementation are presented through a case study.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Σκοπός και Στόχοι της Διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση των κινδύνων και η αξιολόγηση των κριτηρίων αποδοχής ρίσκου κατά την κατασκευή μεταλλικού στεγάστρου στάθμευσης συρμών TRAM, με εφαρμογή σε πραγματικό έργο.

Οι βασικοί στόχοι της έρευνας είναι:

- Η καταγραφή του ισχύοντος νομοθετικού και κανονιστικού πλαισίου
- Η αναγνώριση των κυριότερων κινδύνων σε εργασίες μεταλλικών κατασκευών και καλωδιώσεων
- Η εφαρμογή μεθοδολογιών εκτίμησης κινδύνου (Risk Assessment)
- Ο καθορισμός αποδεκτών επιπέδων ρίσκου
- Η διατύπωση μέτρων πρόληψης και προστασίας
- Η ανάπτυξη μελέτης περίπτωσης (case study)

Η εργασία στοχεύει να αποτελέσει ένα πρακτικό εργαλείο για επαγγελματίες του κατασκευαστικού κλάδου, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ασφάλειας σε έργα μεγάλης κλίμακας.

1.2 Σημασία της Ασφάλειας σε Έργα Μεγάλης Κλίμακας

Τα έργα μεγάλης κλίμακας χαρακτηρίζονται από:

- Πολυπλοκότητα δραστηριοτήτων, λόγω συνδυασμού διαφορετικών ειδικοτήτων
- Υψηλή επικινδυνότητα, λόγω εργασιών σε ύψος και χρήσης βαρέος εξοπλισμού
- Ανάγκη συντονισμού πολλών συνεργείων

Η ελλιπής διαχείριση των κινδύνων μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά εργατικά ατυχήματα, καθυστερήσεις και οικονομικές απώλειες. Αντίθετα, η συστηματική διαχείριση της ασφάλειας συμβάλλει καθοριστικά στη βιωσιμότητα και επιτυχία των έργων.

1.3 Παράδειγμα Εφαρμογής: Στέγαστρο Στάθμευσης Συρμών TRAM

Η μελέτη αφορά την κατασκευή μεταλλικού στεγάστρου στάθμευσης συρμών TRAM, το οποίο εντάσσεται σε εγκαταστάσεις αστικών μεταφορών.

Το έργο περιλαμβάνει:

- Συναρμολόγηση και εγκατάσταση μεταλλικών στοιχείων
- Εργασίες σε ύψος
- Χρήση γερανών και ανυψωτικών μηχανημάτων
- Τοποθέτηση και ηλεκτρική σύνδεση καλωδίων

Οι δραστηριότητες αυτές ενέχουν σημαντικούς κινδύνους, καθιστώντας απαραίτητη τη συστηματική εκτίμηση και διαχείρισή τους.

1.4 Μεθοδολογία και Δομή Εργασίας

Η μεθοδολογία της εργασίας βασίζεται στον συνδυασμό θεωρητικής τεκμηρίωσης και εφαρμοσμένης ανάλυσης.

Αρχικά παρουσιάζεται το θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο, ενώ στη συνέχεια αναλύεται το τεχνικό αντικείμενο του έργου. Ακολουθεί η ανάπτυξη της μεθοδολογίας αναγνώρισης και εκτίμησης κινδύνων, καθώς και η παρουσίαση των μέτρων ασφάλειας και της οργάνωσης του εργοταξίου.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τη μελέτη περίπτωσης, μέσω της οποίας εφαρμόζονται στην πράξη οι θεωρητικές αρχές, καθώς και με τα συμπεράσματα και τις προτάσεις για μελλοντικά έργα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Θεωρητικό Υπόβαθρο και Νομοθεσία

Η διαχείριση της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας (ΕΑΥ) αποτελεί πολυδιάστατο επιστημονικό πεδίο που συνδυάζει στοιχεία μηχανικής, ψυχολογίας οργανισμών, διοίκησης έργων και νομικής επιστήμης. Στο πλαίσιο τεχνικών έργων υψηλής πολυπλοκότητας — όπως η κατασκευή μεταλλικών στεγάστρων με ταυτόχρονη λειτουργία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων — η αποτελεσματική εφαρμογή αρχών ΕΑΥ αποτελεί αναγκαία, όχι επιθυμητή, συνθήκη ολοκλήρωσης. Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τις θεμελιώδεις έννοιες, το νομοθετικό πλαίσιο, τα διεθνή πρότυπα και τις μεθόδους εκτίμησης κινδύνου που αποτελούν τη θεωρητική βάση της εργασίας.

2.1 Βασικές Έννοιες Επαγγελματικής Ασφάλειας

Η κατανόηση της ορολογίας της ΕΑΥ είναι προϋπόθεση για οποιαδήποτε ανάλυση κινδύνου. Σύμφωνα με το **ISO 45001:2018** και τον ορισμό της Διεθνούς Οργάνωσης Εργασίας (ILO, 2011), οι βασικές έννοιες ορίζονται ως εξής:

- **Κίνδυνος (Hazard):** Πηγή ή κατάσταση με δυνατότητα να προκαλέσει βλάβη — τραυματισμό, ασθένεια, ζημία περιουσίας ή συνδυασμό αυτών (ISO, 2018). Στο παρόν έργο, παραδείγματα κινδύνου αποτελούν η εναέρια γραμμή 750 V DC, τα ανυψωμένα φορτία και οι εκτεθειμένες ακμές σε ύψος.
- **Κίνδυνος/Επικινδυνότητα (Risk):** Ο συνδυασμός της πιθανότητας εμφάνισης ενός επιβλαβούς συμβάντος και της σοβαρότητας των επιπτώσεών του (ISO, 2018). Εκφράζεται ποσοτικά ως $R = P \times S$, όπου P η πιθανότητα και S η σοβαρότητα (Holt, 2008).
- **Εκτίμηση Κινδύνου (Risk Assessment):** Η συνολική διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων, ανάλυσης και αξιολόγησής τους (ISO, 2018). Αποτελεί νομικά κατοχυρωμένη υποχρέωση του εργοδότη βάσει της Οδηγίας 89/391/ΕΟΚ (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1989).

- **Εργατικό Ατύχημα (Occupational Accident):** Απρόβλεπτο, βίαιο γεγονός που σχετίζεται με την εργασία και προκαλεί τραυματισμό ή θάνατο (ILO, 2011). Στην Ελλάδα, στατιστικά στοιχεία καταγράφονται από το ΣΕΠΕ και αξιοποιούνται για την αξιολόγηση επικινδυνότητας κλάδων.
- **Παρ' ολίγον Ατύχημα (Near Miss):** Συμβάν που δεν οδήγησε σε τραυματισμό ή ζημία, αλλά υπό διαφορετικές συνθήκες θα μπορούσε (Heinrich, 1931, όπως αναφέρεται στο Reason, 1997). Η συστηματική καταγραφή near miss αποτελεί αναγνωρισμένη βέλτιστη πρακτική βάσει ISO 45001.
- **Μέτρα Ελέγχου (Control Measures):** Ενέργειες ή στοιχεία εξοπλισμού που μειώνουν τον κίνδυνο. Ιεραρχούνται ανάλογα με την αποτελεσματικότητά τους: εξάλειψη, αντικατάσταση, τεχνικά μέτρα, οργανωτικά μέτρα, ΜΑΠ (NIOSH, 2016).

2.1.1 Το Μοντέλο "Ελβετικού Τυριού" (Swiss Cheese Model)

Βασικό θεωρητικό εργαλείο για την ανάλυση της συστημικής επικινδυνότητας αποτελεί το μοντέλο του «ελβετικού τυριού» (Reason, 1990). Το μοντέλο αναδεικνύει ότι η ασφάλεια δεν εξαρτάται από έναν μεμονωμένο παράγοντα, αλλά από τη συνολική θωράκιση του συστήματος.

Όταν οι επιμέρους αδυναμίες στα επίπεδα της διοίκησης, του εξοπλισμού ή της ανθρώπινης συμπεριφοράς συμπέσουν χρονικά και χωρικά, η ροή του κινδύνου οδηγεί στο ατύχημα. Με γνώμονα αυτή την αρχή, σχεδιάστηκαν ανεξάρτητες και διαδοχικές γραμμές άμυνας για την κατασκευή του στεγάστρου (LOTO, Lifting Plans, toolbox meetings, ΜΑΠ), ώστε κάθε επίπεδο να εξουδετερώνει τις πιθανές αστοχίες του προηγούμενου.

2.1.2 Πυραμίδα Ατυχημάτων (Heinrich Triangle)

Ο Heinrich (1931), όπως αναλύεται από τον Bird (1974), περιέγραψε την αναλογία μεταξύ σοβαρών ατυχημάτων, ελαφρών τραυματισμών και near miss incidents. Σύγχρονες έρευνες (Manuele, 2011) αναθεώρησαν τις αρχικές αναλογίες, επιβεβαιώνοντας ωστόσο ότι η μείωση near miss incidents οδηγεί σε μείωση σοβαρών

ατυχημάτων. Αυτή η αρχή στηρίζει τη σημασία του near miss reporting που εφαρμόστηκε στο παρόν έργο (Κεφ. 7, 8).

2.2 Ελληνικό Νομοθετικό Πλαίσιο

2.2.1 Νόμος 3850/2010 – Κώδικας Νόμων για την Υγεία και Ασφάλεια

Ο Ν. 3850/2010 αποτελεί τον κύριο νομοθετικό άξονα ΥΑΕ στην Ελλάδα, κωδικοποιώντας και εναρμονίζοντας την ευρωπαϊκή νομοθεσία (Ελληνική Δημοκρατία, 2010). Θεσπίζει:

- Γενικές αρχές πρόληψης: αποφυγή κινδύνων στην πηγή τους, αντικατάσταση επικίνδυνου με ασφαλές, προτεραιότητα συλλογικών έναντι ατομικών μέτρων.
- Υποχρέωση εκτίμησης κινδύνου: κάθε εργοδότης οφείλει να πραγματοποιεί γραπτή εκτίμηση κινδύνου για το σύνολο των εργασιών.
- Ρόλο Τεχνικού Ασφάλειας και Γιατρού Εργασίας: η πρόσληψη εξαρτάται από την κατηγορία κινδύνου και το μέγεθος της επιχείρησης.
- Υποχρεώσεις εκπαίδευσης: κάθε εργαζόμενος πρέπει να λαμβάνει κατάλληλη και επαρκή εκπαίδευση σε θέματα ΥΑΕ.

Στο πλαίσιο του παρόντος έργου, ο νόμος εφαρμόστηκε μέσω της ανάθεσης Τεχνικού Ασφάλειας, της εκπόνησης Μελέτης Εκτίμησης Κινδύνου και της διενέργειας καθημερινών ενημερώσεων (*toolbox meetings*) πριν κάθε κρίσιμη φάση εργασιών.

2.2.2 Π.Δ. 305/1996 – Ασφάλεια σε Προσωρινά ή Κινητά Εργοτάξια

Το Π.Δ. 305/1996 ενσωματώνει την Οδηγία 92/57/ΕΟΚ και αποτελεί το εξειδικευμένο νομοθετικό πλαίσιο για τα εργοτάξια (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1992). Καθορίζει:

- **Σχέδιο Ασφάλειας και Υγείας (ΣΑΥ):** έγγραφο που καταρτίζεται από τον Συντονιστή Ασφάλειας κατά τη φάση μελέτης και περιλαμβάνει ανάλυση κινδύνων ανά φάση εργασιών.

- **Φάκελος Ασφάλειας και Υγείας (ΦΑΥ):** τεκμηριωτικός φάκελος που παραδίδεται στον κύριο του έργου μετά την ολοκλήρωση και χρησιμεύει ως αναφορά για μελλοντικές εργασίες.
- **Συντονιστής Ασφάλειας:** εξειδικευμένο πρόσωπο, ορισμένο από τον κύριο του έργου, υπεύθυνο για το συντονισμό εφαρμογής των μέτρων ΥΑΕ μεταξύ των συνεργείων.
- **Προσχέδιο Ασφάλειας:** σε έργα με εκτιμώμενο κόστος > 3 εκατ. ευρώ ή > 500 ημερομίσθια, απαιτείται εκπόνηση εκ των προτέρων.

Το Π.Δ. 305/1996 έχει άμεση εφαρμογή στο παρόν έργο: η ύπαρξη πολλαπλών συνεργείων (μεταλλικές κατασκευές, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις) και ο ταυτόχρονος χειρισμός γερανών και ηλεκτρικής γραμμής 750 V DC καθιστούν τον ρόλο του Συντονιστή Ασφάλειας κρίσιμο παράγοντα.

2.2.3 Λοιπές Σχετικές Διατάξεις

Πέραν των κύριων νόμων, η εκτέλεση του έργου διέπεται από:

- **Π.Δ. 395/1994:** ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας για εργασίες με εξοπλισμό εργασίας, συμπεριλαμβανομένων των ανυψωτικών μηχανημάτων.
- **Π.Δ. 17/1996:** μέτρα προστασίας εργαζομένων σε εκρηκτικές ατμόσφαιρες και εργασίες σε περιορισμένους χώρους (σχετικό για εργασίες σε φρεάτια καλωδίων).
- **Κ.Υ.Α. 43726/2012:** ειδικές απαιτήσεις για εργασίες σε ύψος και χρήση εξοπλισμού εργασίας σε υπαίθριους χώρους.

2.3 Διεθνή Πρότυπα Διαχείρισης Ασφάλειας

2.3.1 ISO 45001:2018 – Σύστημα Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας

Το ISO 45001:2018 αποτελεί το πρώτο διεθνές πρότυπο για Συστήματα Διαχείρισης Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας, αντικαθιστώντας το OHSAS 18001 (ISO,

2018). Βασίζεται στη δομή υψηλού επιπέδου (High Level Structure) που είναι κοινή με τα ISO 9001 και ISO 14001, διευκολύνοντας την ολοκληρωμένη εφαρμογή.

Ο κύκλος PDCA (Plan–Do–Check–Act) του ISO 45001 αντιστοιχεί στις φάσεις:

- **Plan (Σχεδιασμός):** προσδιορισμός του πλαισίου οργανισμού, αναγνώριση κινδύνων, καθορισμός στόχων ασφάλειας και σχεδιασμός δράσεων.
- **Do (Εφαρμογή):** υλοποίηση δράσεων, επιχειρησιακός σχεδιασμός, έλεγχος, εκπαίδευση και επικοινωνία.
- **Check (Έλεγχος):** παρακολούθηση απόδοσης, εσωτερικές επιθεωρήσεις, αξιολόγηση συμμόρφωσης.
- **Act (Βελτίωση):** διορθωτικές ενέργειες, συνεχής βελτίωση, ανασκόπηση από τη διοίκηση.

Η εφαρμογή ISO 45001 σε έργα κατασκευής έχει τεκμηριωθεί ως σημαντικός παράγοντας μείωσης εργατικών ατυχημάτων. Έρευνα των Fernández-Muñiz et al. (2009) σε ισπανικές κατασκευαστικές εταιρείες έδειξε ότι η εφαρμογή δομημένου συστήματος ΥΑΕ μείωσε τα εργατικά ατυχήματα κατά 25–40% σε διάστημα πέντε ετών.

2.3.2 ISO 31000:2018 – Διαχείριση Κινδύνου

Το ISO 31000:2018 παρέχει τις αρχές και κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση κινδύνου σε κάθε τύπο οργανισμού (ISO, 2018b). Ορίζει τη διαχείριση κινδύνου ως ολοκληρωμένη, δομημένη και δυναμική διαδικασία που λαμβάνει υπόψη τα συμφραζόμενα του οργανισμού. Βασική αρχή του προτύπου είναι ότι η διαχείριση κινδύνου δεν αποτελεί αυτόνομη δραστηριότητα αλλά ενσωματωμένο στοιχείο κάθε εργασιακής διαδικασίας — αρχή που εφαρμόστηκε πλήρως στο παρόν έργο μέσω της δυναμικής επαναξιολόγησης κινδύνων σε πραγματικό χρόνο.

2.4 Τεχνικά Πρότυπα Μεταλλικών Κατασκευών

Η κατασκευή μεταλλικού στεγάστρου διέπεται από σειρά ευρωπαϊκών τεχνικών προτύπων που καθορίζουν τόσο την ποιότητα κατασκευής όσο και τις απαιτήσεις ασφαλούς εκτέλεσης. Τα πρότυπα αυτά αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο του συστήματος διαχείρισης κινδύνου, καθώς η μη τήρησή τους δημιουργεί άμεση πηγή κινδύνου (CEN, 2011).

Πίνακας 2.1 – Τεχνικά Πρότυπα Αναφοράς

Πρότυπο	Τίτλος	Αντικείμενο Εφαρμογής	Σχέση με Ασφάλεια
EN 1090-2:2018	Εκτέλεση χαλύβδινων κατασκευών	Κλάση εκτέλεσης EXC-2	Ελέγχοι ποιότητας αποτρέπουν αστοχίες
EN ISO 13920:1996	Γενικές ανοχές συγκολλητών κατασκευών	Γεωμετρική ακρίβεια (B-F)	Λανθασμένη γεωμετρία → κίνδυνος κατάρρευσης
EN ISO 5817:2014	Ποιοτικά επίπεδα ατελειών συγκολλήσεων	Οπτικός έλεγχος – Κατ. B	Ελαττωματικές συγκολλήσεις → κίνδυνος αστοχίας
EN ISO 898-1:2013	Μηχανικές ιδιότητες κοχλιών	Ποιότητα 8.8 και 10.9	Υποβαθμισμένοι κοχλίες → χαλάρωση συνδέσεων
ISO 12944:2018	Αντιδιαβρωτική προστασία	Βαφή νέων κατασκευών	Διάβρωση → απώλεια φέρουσας ικανότητας
IEC 60502-1:2004	Καλώδια ισχύος έως 1 kV	N(A2XH) 500 mm ²	Ελλιπής έλεγχος → κίνδυνος ηλεκτροπληξίας

2.4.1 EN 1090-2 – Εκτέλεση Μεταλλικών Κατασκευών

Το EN 1090-2 καθορίζει τις απαιτήσεις για την εκτέλεση χαλύβδινων κατασκευών στην Ευρώπη (CEN, 2011). Εισάγει τέσσερις κλάσεις εκτέλεσης (EXC1 έως EXC4) αναλόγως της κρισιμότητας της κατασκευής. Για το παρόν στέγαστρο επελέγη η EXC-

2, η οποία απαιτεί τεκμηριωμένους ελέγχους συγκολλήσεων, κοχλίωσης και επιφανειακής προστασίας. Η τήρηση της κλάσης EXC-2 αποτελεί ταυτόχρονα απαίτηση ποιότητας και ασφάλειας: κατασκευαστικές αποκλίσεις που υπερβαίνουν τα όρια του προτύπου ενδέχεται να δημιουργήσουν κίνδυνο αστοχίας υπό φορτίο.

2.5 Μέθοδοι Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου

Η επιστημονική βιβλιογραφία περιγράφει πλήθος μεθόδων εκτίμησης κινδύνου, με διαφορετικές εφαρμογές ανάλογα με τη φύση του έργου, τη διαθέσιμη πληροφορία και τον βαθμό ποσοτικοποίησης που απαιτείται (Aven, 2016). Οι κύριες μέθοδοι που σχετίζονται με το παρόν έργο παρουσιάζονται παρακάτω.

2.5.1 Ανάλυση Ασφάλειας Εργασίας (Job Safety Analysis – JSA)

Η JSA αποτελεί διαδικασία αναλυτικής αποσύνθεσης κάθε εργασίας σε βήματα, αναγνώρισης κινδύνων ανά βήμα και καθορισμού αντίστοιχων μέτρων πρόληψης (OSHA, 2002). Πλεονεκτεί έναντι γενικών εκτιμήσεων κινδύνου διότι εστιάζει στο συγκεκριμένο πλαίσιο εκτέλεσης μιας εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη εξοπλισμό, περιβάλλον και προσωπικό. Στο παρόν έργο εφαρμόστηκε JSA για κάθε φάση ανέγερσης και εγκατάστασης καλωδίων (βλ. Κεφ. 5).

2.5.2 Μήτρα Κινδύνου (Risk Matrix)

Η μήτρα κινδύνου αποτελεί ημιποσοτική μέθοδο εκτίμησης που χαρτογραφεί κάθε κίνδυνο σε δισδιάστατο χώρο Πιθανότητα × Σοβαρότητα (Cox, 2008). Η μορφή 5×5 (πέντε βαθμίδες πιθανότητας επί πέντε βαθμίδες σοβαρότητας) αποτελεί διεθνώς αναγνωρισμένη πρακτική (AS/NZS ISO 31000, 2009· HSE, 2001) και εφαρμόζεται ευρέως σε κατασκευαστικά έργα λόγω της απλότητας και της δυνατότητας οπτικής επικοινωνίας αποτελεσμάτων. Αναλύεται εκτενώς στο Κεφάλαιο 5.2.

2.5.3 Λοιπές Μέθοδοι

- **Fault Tree Analysis (FTA):** αναλύει με δέντρο αποτυχιών τους συνδυασμούς γεγονότων που οδηγούν σε ατύχημα (Vesely et al., 1981). Κατάλληλη για σύνθετα τεχνικά συστήματα.
- **HAZOP (Hazard and Operability Study):** συστηματική μέθοδος ανάλυσης αποκλίσεων σε διεργασίες (IEC 61882, 2001). Συχνά εφαρμόζεται σε χημικές εγκαταστάσεις.
- **FMEA (Failure Mode and Effects Analysis):** αναλύει τρόπους αστοχίας εξαρτημάτων και επιπτώσεις τους (IEC 60812, 2006). Εφαρμόζεται σε ανάλυση αξιοπιστίας εξοπλισμού ανύψωσης.
- **Bowtie Analysis:** οπτικοποιεί αιτίες, επικίνδυνο συμβάν και επιπτώσεις, με έμφαση στα μέτρα ελέγχου (DNV, 2010). Ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιβάλλοντα υψηλής επικινδυνότητας.

Για το παρόν έργο επελέγη η μήτρα κινδύνου 5×5 ως κύρια μέθοδος, λόγω της συμβατότητάς της με τις απαιτήσεις του ISO 45001 και της εμπειρίας της εκτελούσας εταιρείας. Η επιλογή αυτή συνάδει με τις συστάσεις του HSE (2001) για έργα κατασκευής με χρονικό ορίζοντα μέχρι δύο έτη.

2.6 Ασφάλεια σε Εργασίες Ανύψωσης και Εγκατάσταση

Καλωδίων

Οι εργασίες ανύψωσης αποτελούν μία από τις κυριότερες αιτίες θανατηφόρων ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο παγκοσμίως. Σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat (2022), οι πτώσεις από ύψος και η αστοχία ανυψωτικού εξοπλισμού ευθύνονται για πάνω από 35% των θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων στον κατασκευαστικό τομέα της ΕΕ.

Για τη μείωση αυτών των κινδύνων, διεθνείς οργανισμοί έχουν εκδώσει εξειδικευμένες κατευθυντήριες γραμμές: η OSHA (2015) για ανυψώσεις σε εργοτάξια, η LEEA (2019)

για εξοπλισμό ανύψωσης και ο IOSH (2020) για dual lifting operations. Οι κατευθυντήριες αυτές αποτέλεσαν βάση σχεδιασμού των Lifting Plans του παρόντος έργου (Κεφ. 4, 8).

Για τις εργασίες εγκατάστασης καλωδίων υψηλής τάσης, το πρότυπο IEC 60364-6 (2016) καθορίζει τις απαιτήσεις επαλήθευσης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, ενώ η διαδικασία LOTO (Lockout/Tagout) τυποποιείται από το OSHA Standard 29 CFR 1910.147 (OSHA, 1989) και το αντίστοιχο ευρωπαϊκό EN 1037. Η εφαρμογή LOTO στο παρόν έργο αναλύεται στις ενότητες 7.9 και 8.3.3.

2.7 Σύνοψη

Το κανονιστικό και θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε στο παρόν κεφάλαιο θέτει τις βάσεις για την ανάλυση που ακολουθεί. Τα κύρια σημεία που θα εφαρμοστούν στα επόμενα κεφάλαια συνοψίζονται στον Πίνακα 2.2.

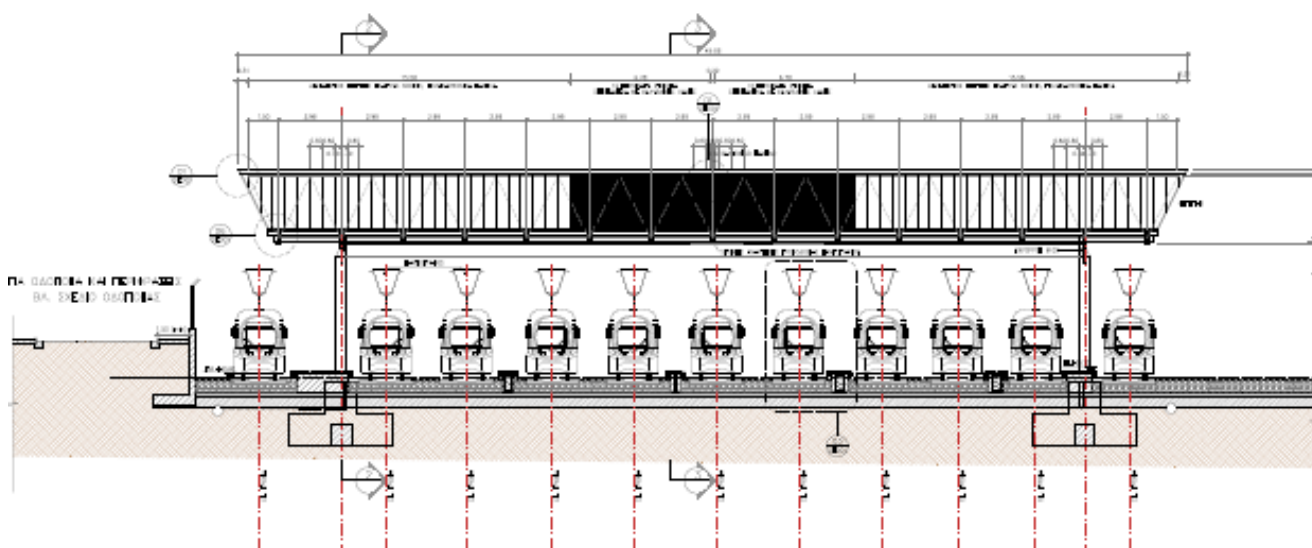
Πίνακας 2.2 – Σύνδεση Θεωρητικού Πλαισίου με Κεφάλαια Εργασίας

Νόμος / Πρότυπο	Κύρια Απαίτηση	Εφαρμογή στην Εργασία
N. 3850/2010	Γραπτή εκτίμηση κινδύνου	Κεφ. 5 – Risk Assessment
Π.Δ. 305/1996	ΣΑΥ, Συντονιστής Ασφάλειας	Κεφ. 4 & 8 – Μεθοδολογία εκτέλεσης
ISO 45001:2018	PDCA, KPIs, near miss reporting	Κεφ. 5.9, 7, 8.7
ISO 31000:2018	Δυναμική διαχείριση κινδύνου	Κεφ. 6 – Κριτήρια αποδοχής
EN 1090-2:2018	Έλεγχοι ποιότητας EXC-2	Κεφ. 4.9 & 8.2.2
OSHA / LOTO	Απομόνωση πηγών ενέργειας	Κεφ. 7.9 & 8.3.3
Μήτρα Κινδύνου 5×5	Ημιποσοτική εκτίμηση $R = P \times S$	Κεφ. 5.2 – 5.6 & 8.4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Περιγραφή Έργου και Μεθοδολογία Εκτέλεσης

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει ολοκληρωμένα το αντικείμενο, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τη μεθοδολογία εκτέλεσης του έργου κατασκευής του νέου μεταλλικού στεγάστρου αμαξοστασίου TRAM. Η ενοποιημένη παρουσίαση — από τα βασικά χαρακτηριστικά και τα υλικά κατασκευής έως τις φάσεις ανέγερσης, την εγκατάσταση καλωδίων και τους ελέγχους ποιότητας — αποσκοπεί στην πλήρη κατανόηση του πλαισίου εκτέλεσης, η οποία αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την εκτίμηση κινδύνων των κεφαλαίων που ακολουθούν.



Σχήμα 3

3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Έργου

Το έργο αφορά την κατασκευή νέου μεταλλικού στεγάστρου στάθμευσης συρμών TRAM, ανοικτού περιμετρικά, σε χώρο συνολικής επιφάνειας περίπου 5 στρεμμάτων, παραπλεύρως του υφιστάμενου Αμαξοστασίου. Τα βασικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 – Βασικά Χαρακτηριστικά Έργου

Παράμετρος	Τιμή / Περιγραφή
Διαστάσεις στεγάστρου	68 m × 45 m
Συνολικός χώρος	περίπου 5 στρέμματα
Αριθμός συρμών	22 συρμοί TRAM
Παράλληλες τροχιές	11 τροχιές
Τάση εναέριας γραμμής	750 V DC
Αριθμός τριεδρικών φορέων	5 (ενισχυμένοι εξωτερικοί + τυπικοί εσωτερικοί)
Αριθμός κύριων ζευκτών (IPE400)	60
Τύπος καλωδίου ισχύος	N(A2XH) 500 mm ²
Βάρος βαρύτερου τριεδρικού φορέα	45,85 t
Βάρος τυπικού τριεδρικού φορέα	41,75 t
Εκτιμώμενη διάρκεια εκτέλεσης	2 έτη

Λόγω της διαμόρφωσης προβόλων στα δύο διαμήκη άκρα, κατασκευάστηκαν δύο τύποι τριεδρικών φορέων: οι ενισχυμένοι εξωτερικοί (1ος και 5ος) ύψους 3,55 m και οι τυπικοί εσωτερικοί (2ος, 3ος, 4ος) ύψους 3,05 m. Οι νέες τροχιές συνδέονται με το υφιστάμενο δίκτυο μέσω σιδηροδρομικών διακλαδώσεων, ενώ παράλληλα προβλέπεται επέκταση της εναέριας γραμμής 750 V DC. Κάτω από το στέγαστρο διαμορφώνονται πλατφόρμες πρόσβασης για καθαρισμό και συντήρηση συρμών.

Η κλίμακα και η πολυπλοκότητα της κατασκευής — βαριές ανυψώσεις, παρουσία εναέριας γραμμής υψηλής τάσης, ταυτόχρονη λειτουργία πολλαπλών συνεργείων — υπαγορεύουν συστηματική και τεκμηριωμένη προσέγγιση ασφάλειας σε κάθε στάδιο, όπως αναλύεται στα Κεφάλαια 5–8.

3.1.1 Στοιχεία Μεταλλικής Κατασκευής

Η μεταλλική κατασκευή αποτελείται από σύνθετο σύστημα φερόντων και δευτερευόντων στοιχείων:

- Πέντε (5) τριεδρικοί εγκάρσιοι φορείς, πλήρως προκατασκευασμένοι
- Εξήντα (60) διαμήκεις δοκοί τύπου IPE400
- Δύο (2) πρόβολοι στα άκρα της κατασκευής

- Σωληνωτά στοιχεία κυκλικής διατομής (CHS) σε διάφορες διαμέτρους

Κάθε τριεδρικός φορέας αποτελείται από δεκαοκτώ (18) σωληνωτά στοιχεία και παραδίδεται σε δύο τμήματα (15+3 στοιχεία) για λόγους μεταφοράς. Τα κέντρα βάρους και τα φορτία (26,7 t και 15,7 t αντίστοιχα για τα δύο τμήματα) έχουν υπολογιστεί μέσω λογισμικού TEKLA και αποτελούν τη βάση σχεδιασμού των Lifting Plans.

3.1.2 Βάρη Κύριων Δομικών Στοιχείων

Στο πλαίσιο του έργου εκπονήθηκαν αναλυτικοί πίνακες βαρών για όλα τα δομικά στοιχεία, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό φορτίων ανύψωσης (Outrigger Loads) και τη σύνταξη Lifting Plans. Ο Πίνακας 3.2 παρουσιάζει τα βασικά στοιχεία:

Πίνακας 3.2 – Χαρακτηριστικά Κύριων Μεταφερόμενων Τεμαχίων

Στοιχείο	Μήκος (mm)	Βάρος	Μέθοδος Χειρισμού
Βαρύτερο σωληνωτό κύριο στοιχείο	11.700	3,65 t	Γερανός (Σ.Α. ≥ 2)
Ελαφρύτερο σωληνωτό κύριο στοιχείο	3.530	0,8 t	Γερανός ή χειρωνακτικά
Δευτερεύοντα στοιχεία (βαρύτερα)	ποικίλο	250 kg	Γερανός
Δευτερεύοντα στοιχεία (ελαφρύτερα)	ποικίλο	40 kg	Χειρωνακτικά ή παλάγκο

3.2 Υλικά και Πρότυπα Κατασκευής

3.2.1 Δομικά Υλικά

- **Δομικός χάλυβας S355:** χρησιμοποιείται στο σύνολο των κύριων σωληνωτών στοιχείων και των IPE400 δοκών. Η κατηγορία S355 εξασφαλίζει υψηλή αντοχή σε συνδυασμό με ικανοποιητική συγκολλησιμότητα.
- **Κοχλίες ποιότητας 10.9 και 8.8:** για τις κύριες κοχλιακές συνδέσεις φορέων (10.9) και τα δευτερεύοντα στοιχεία (8.8). Οι ροπές σύσφιξης τηρούνται σύμφωνα με EN ISO 898-1 και EN ISO 16047.

- **Τραπεζοειδής λαμαρίνα επικάλυψης:** γαλβανισμένος χάλυβας S320, πάχους 1,25 mm, για την τελική επικάλυψη οροφής.

3.2.2 Κανονιστικό Πλαίσιο και Πρότυπα Αναφοράς

Πίνακας 3.3 – Πρότυπα και Κανονισμοί Αναφοράς

Πρότυπο / Κανονισμός	Αντικείμενο
EN 1090-2	Εκτέλεση μεταλλικών κατασκευών – EXC-2
EN ISO 13920 (B-F)	Διαστασιολογικός έλεγχος – ανοχές
EN ISO 5817 (B)	Οπτικός έλεγχος συγκολλήσεων
ISO 12944	Αντισκωριακή προστασία – νέες βαφές
ΕΛΟΤ-ΤΟ-1501-03-10-03-00	Αντισκωριακή προστασία σιδηρών επιφανειών
EN ISO 898/1 – EN ISO 16047	Ροπές σύσφιξης κοχλιών
EN 1990	Βάσεις σχεδιασμού
EN 1991–1998	Δράσεις, χάλυβας, γεωτεχνικός, αντισεισμικός σχεδιασμός
IEC 60502-1	Καλώδια ισχύος N(A2XH) 500 mm ²
ISO 45001	Σύστημα διαχείρισης υγείας και ασφάλειας

3.3 Προετοιμασία Εργοταξίου

Η προετοιμασία αποτελεί κρίσιμη προαπαιτούμενη φάση που καθορίζει τις συνθήκες ασφαλούς εκτέλεσης όλων των επακόλουθων εργασιών.

3.3.1 Οριοθέτηση Ζωνών Εργασίας

Πραγματοποιήθηκε αναλυτική οριοθέτηση ζωνών ανύψωσης, κυκλοφορίας, αποθήκευσης και πρόσβασης προσωπικού με φυσικές περιφράξεις, σήμανση ασφαλείας και ελεγχόμενη είσοδο αποκλειστικά εξουσιοδοτημένου προσωπικού.

3.3.2 Έλεγχος Υπόγειων Δικτύων

Πριν την τοποθέτηση εξοπλισμού ανύψωσης διαπιστώθηκε η ύπαρξη υδραυλικών υπόγειων δικτύων. Η διάταξη εξοπλισμού σχεδιάστηκε ώστε να αποφεύγεται εμπλοκή στις θέσεις στήριξης γερανών.

3.3.3 Απομόνωση Εναέριας Γραμμής 750 V DC

Η ύπαρξη ενεργής γραμμής 750 V DC εντός εργοταξιακού χώρου κατέστησε απαραίτητη την πλήρη ηλεκτρική απομόνωσή της πριν οποιαδήποτε ανύψωση. Εφαρμόστηκε η διαδικασία Lock-Out / Tag-Out (LOTO) με μηχανική ασφάλιση διακοπών, σήμανση και επαλήθευση απουσίας τάσης. Η επαναφορά τάσης επιτρεπόταν αποκλειστικά μετά από άδεια του αρμόδιου μηχανικού ασφάλειας.

3.3.4 Βοηθητική Υποδομή Συναρμολόγησης

Τοποθετήθηκαν βοηθητικές βάσεις-πάγκοι συναρμολόγησης πλησίον των μόνιμων υποστυλωμάτων, που εξασφαλίζουν τη διαμόρφωση του απαιτούμενου αντιβέλους και την ορθή γεωμετρία κατά τη συναρμολόγηση επί εδάφους.

3.4 Φάσεις Ανέγερσης Μεταλλικής Κατασκευής

Η ανέγερση οργανώθηκε σε τέσσερις βασικές φάσεις, καθεμία με συγκεκριμένο αντικείμενο, εξοπλισμό και απαιτήσεις ασφάλειας. Η εκτιμώμενη διάρκεια από την έναρξη συναρμολόγησης έως την ολοκλήρωση ορίζεται σε δύο (2) μήνες.

3.4.1 Φάση 1 – Μεταφορά, Αποθήκευση και Συναρμολόγηση

Τριεδρικών Φορέων

Μεταφορά και εκφόρτωση:

Δύο φορτηγά (τράκτορες με πλατφόρμα) ανά τριεδρικό φορέα, τμηματικά ανά ζευκτό. Εκφόρτωση με τηλεσκοπικό γερανό Liebherr LT55-03 (Σ.Α. ≥ 2), χρησιμοποιώντας ιμάντες 3 m / 4 t και ναυτικά κλειδιά 6,5 t. Επίβλεψη από εξουσιοδοτημένο συντονιστή εδάφους (λεβαδόρο).

Συναρμολόγηση δαπέδου:

Κάθε ζευκτό συναρμολογείται σε δύο τμήματα (15+3 στοιχεία) επί εδάφους. Χρησιμοποιείται βοηθητική διάταξη στήριξης για διαμόρφωση αντιβέλους. Απασχολούνται: 1 συντονιστής + 1 χειριστής γερανού + έως 6 άτομα εδάφους.

Συναρμολόγηση κορυφής:

Τοποθέτηση δευτερευόντων στοιχείων που ενώνουν δάπεδο και κορυφή με δύο καλαθοφόρα JLG 450. Ομάδα: 1 συντονιστής + 1 χειριστής γερανού + 2 χειριστές MEWP + 4 άτομα εδάφους.

3.4.2 Φάση 2 – Ανύψωση και Τοποθέτηση Τριεδρικών Φορέων

Κρίσιμη φάση λόγω μεταφοράς βαρέων συγκροτημάτων (26,7–45,85 t). Εφαρμόζεται η μέθοδος dual lifting με δύο τηλεσκοπικούς γερανούς (160 t + 100 t) συντονισμένα. Κάθε ανύψωση τεκμηριώνεται σε εγκεκριμένο Lifting Plan που προσδιορίζει:

- θέσεις γερανών και ποδαρικά (outrigger pads),
- φορτία ανά γερανό και φάση ανύψωσης (partial load charts),
- σημεία ανάρτησης και εξοπλισμό (ιμάντες, κλειδιά),
- αποστάσεις ασφαλείας και όρια καιρικών συνθηκών (max 12 m/s άνεμος).

Μετά την ανύψωση: προσωρινή σταθεροποίηση με «αέρηδες», τοποθέτηση πείρων, έλεγχος γεωμετρίας και καθετότητας πριν οριστική σύσφιξη κατά EN ISO 13920.

3.4.3 Φάση 3 – Τοποθέτηση Κύριων Ζευκτών και Δευτερευόντων

Στοιχείων

Εγκατάσταση 60 κύριων ζευκτών IPE400 και δευτερευόντων στοιχείων (bracings, plates, επιλωρίδες) με γερανούς και καλαθοφόρα JLG 450. Αποκλεισμός ζώνης εργασίας λόγω κινδύνου πτώσης αντικειμένων.

3.4.4 Φάση 4 – Ανέγερση Προβόλων και Τελική Επικάλυψη

Εγκατάσταση προβόλων στα δύο διαμήκη άκρα, τελική σύσφιξη από εναερίτες (MEWP) και τοποθέτηση τραπεζοειδούς λαμαρίνας επικάλυψης με ειδικά τεμάχια τελειωμάτων.

3.5 Εγκατάσταση Καλωδίων Τροφοδοσίας Ισχύος Έλξης

Η εγκατάσταση αφορά 12 μονοπολικά καλώδια αλουμινίου N(A2XH) 500 mm², από τον Υποσταθμό Έλξης έως τα pillar τροφοδοσίας και επιστροφών του νέου στεγάστρου.

3.5.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καλωδίων

Πίνακας 3.4 – Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καλωδίου N(A2XH) 500 mm²

Παράμετρος	Τιμή
Τύπος	AL/XLPE/LSZH (N(A2XH))
Ονομαστική τάση (U ₀ /U)	0,6 / 1 kV
Ονομαστική διατομή αγωγού	500 mm ²
Υλικό αγωγού	Αλουμίνιο (Round stranded compacted, class 2, IEC 60228)
Εξωτερικό περίβλημα	Μαύρο LSZH
Κατά προσέγγιση εξωτερική διάμετρος	36 mm
Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας εγκατάστασης	540 mm
Κατά προσέγγιση βάρος	1.850 kg/km (~1,85 kg/m)
Μέγιστη αντίσταση DC στους 20°C	0,0605 Ω/km
Πρότυπο κατασκευής	IEC 60502-1

3.5.2 Διαδρομή και Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης

Πίνακας 3.5 – Χαρακτηριστικά Εγκατάστασης Καλωδίων

Παράμετρος	Τιμή / Περιγραφή
Αριθμός καλωδίων	12 μονοπολικά
Μέγιστο μήκος καλωδίου	282 m
Υπόγεια όδευση	230 m εντός σωληνώσεων Kouvidis Geonflex Φ125
Υπέργεια όδευση	52 m εντός σχαρών 450×60×2 mm
Μέγιστο βάρος στροφείου	1.844 kg
Αριθμός στροφείων	4 ξύλινα (κλειστά, σανιδωμένα)

3.5.3 Φάσεις Εγκατάστασης

- **Υ/Σ TPS 15 → Φ-N.1:** τοποθέτηση χειρωνακτικά (5 m εντός σωλήνων + 42 m σε σχάρα εξωτερικά κτιρίου).
- **Φ-N.2 → Φ-N.13:** μηχανική έλξη με υδραυλικό βαρούλκο Sahlins 3300 (3 t). Παρατηρητής σε κάθε φρεάτιο. Μέγιστη επιτρεπόμενη δύναμη έλξης: 5.000 N/καλώδιο. Λιπαντικό: ~27 L ανά σωλήνα.
- **Φ-N.13 → Τελικός προορισμός:** έλξη χειρωνακτικά εντός σωλήνων.

Πριν και μετά την έλξη πραγματοποιείται μέτρηση αντίστασης μόνωσης (RISO) για επαλήθευση ακεραιότητας καλωδίου.

3.6 Οργάνωση Προσωπικού και Εξοπλισμός

3.6.1 Ρόλοι και Αρμοδιότητες

Πίνακας 3.6 – Ρόλοι Προσωπικού

Ρόλος	Αρμοδιότητα	Απαιτούμενη Πιστοποίηση
Συντονιστής εδάφους (λεβαδόρος)	Αποκλειστική εξουσία εντολών ανύψωσης	Εξουσιοδότηση ανυψώσεων
Χειριστής γερανού	Χειρισμός τηλεσκοπικού γερανού	Δίπλωμα Μ.Ε. κατ. Α/Β
Χειριστές MEWP	Εργασία σε ύψος με καλάθοφόρο	Δίπλωμα χειριστή MEWP

Εναερίτες	Τελική τοποθέτηση στοιχείων σε ύψος	Εκπαίδευση ΥΑΥ, ΜΑΠ ύψους
Εργοδηγός έλξης	Επίβλεψη εγκατάστασης καλωδίων	Εξειδίκευση ισχυρών καλωδίων
QC Inspector	Εκτέλεση δοκιμών, τεκμηρίωση	Πιστοποίηση QC
Παρατηρητές φρεατίων	Έλεγχος εισόδου/εξόδου καλωδίων	Βασική εκπαίδευση ΥΑΥ

3.6.2 Κύριος Εξοπλισμός Εκτέλεσης

Πίνακας 3.7 – Εξοπλισμός Εκτέλεσης

Κατηγορία	Εξοπλισμός	Χρήση
Γερανοί	Liebherr LT55-03	Εκφόρτωση, συναρμολόγηση επί εδάφους
	Γερανός 160 t	Dual lifting βαρέων φορέων
	Γερανός 100 t	Dual lifting εσωτερικών φορέων
	Γερανός 55 t + «παπαγάλος»	Δευτερεύοντα στοιχεία / περιορισμένος χώρος
Πρόσβαση σε ύψος	Καλαθοφόρα JLG 450 (MEWP)	Εργασία σε ύψος
Καλώδια	Υδραυλικό βαρούλκο Sahlins 3300 (3 t)	Μηχανική έλξη καλωδίων
	Υδραυλικά καβαλέτα (γρύλλοι)	Στήριξη στροφείων
Σύσφιξη	Ροπόκλειδα πιστοποιημένα	Τελικός έλεγχος σύσφιξης

3.7 Σύσφιξη, Έλεγχοι Ποιότητας και Τεκμηρίωση

3.7.1 Σύσφιξη Κοχλιών

Η σύσφιξη πραγματοποιείται σε δύο στάδια: αρχική σύσφιξη με ηλεκτρόκλειδα και τελική με πιστοποιημένο ροπόκλειδο κατά EN ISO 898/1 και EN ISO 16047.

Πίνακας 3.8 – Ροπές Σύσφιξης Κοχλιών

Τύπος Κοχλία	Ποιότητα	Ροπή Σύσφιξης (Nm)	Εφαρμογή
M20	10.9	540 – 610 Nm	Κύριες συνδέσεις φορέων
Λοιποί	8.8	Βάσει EN ISO 898-1	Δευτερεύοντα στοιχεία

3.7.2 Διαστασιολογικοί Έλεγχοι

- **EN ISO 13920 (B-F):** ανοχές γεωμετρίας, καθετότητα, οριζόντια ευθυγράμμιση.
- **EN ISO 5817 (Κατ. B):** οπτικός έλεγχος ποιότητας συγκολλήσεων.
- **EN 1090-2 (EXC-2):** συμμόρφωση εκτέλεσης. Έλεγχος πριν κάθε κρίσιμη ανύψωση, τεκμηρίωση σε πρωτόκολλα.

Πριν κάθε ανύψωση επαληθεύεται: κατάσταση εξοπλισμού, ικανότητα φέρουσας εδάφους, άνεμος ≤ 12 m/s. Υπέρβαση ορίου $\rightarrow$ άμεση αναστολή εργασιών.

3.7.3 Τεκμηρίωση

- **Lifting Plans:** εκπονούνται και εγκρίνονται πριν κάθε ανύψωση.
- **Outrigger Loads:** υπολογισμοί φορτίων για κάθε θέση γερανού.
- **Checklists:** ημερήσια επιθεώρηση εξοπλισμού, ΜΑΠ, διαστασιολογικοί έλεγχοι ανά φάση.
- **Πρωτόκολλο παράδοσης–παραλαβής:** εκδίδεται στο τέλος με συνοδευτική τεκμηρίωση όλων των ελέγχων.

3.8 Συνοπτική Παρουσίαση Φάσεων Εκτέλεσης

Πίνακας 3.9 – Συνοπτική Παρουσίαση Φάσεων

Φάση	Αντικείμενο	Βασικός Εξοπλισμός	Προσωπικό	Βασικοί Έλεγχοι
1α	Μεταφορά & εκφόρτωση	Liebherr LT55-03	1+1+3	Lifting Plan, Σ.Α.
1β	Συναρμολόγηση δαπέδου	Liebherr LT55-03	1+1+6	Γεωμετρία, κοχλίωση

1γ	Συναρμολόγηση κορυφής	Liebherr 2×MEWP	+	1+1+2+4	ΜΑΠ, ζώνες
2	Dual lifting φορέων	160 t + 100 t		1+2+εδ.	L.Plan, άνεμος, έδαφος
3	Ζευκτά & δευτερεύοντα	Γερανοί MEWP	+	Συντ.+εναερίτες	Σύσφιξη, γεωμετρία
4	Λαμαρίνα & πρόβολοι	Γερανός MEWP	+	Εναερίτες	ΜΑΠ, ολισθηρότητα
5	Εγκατάσταση καλωδίων	Βαρούλκο 3t		Εργοδηγός+παρατ.	ΛΟΤΟ, δύναμη, RISO

Η μεθοδολογία αυτή αποτελεί τη βάση για την εκτίμηση κινδύνων του Κεφαλαίου 5, καθώς η πλήρης κατανόηση των εργασιών και του τρόπου εκτέλεσής τους είναι αναγκαία προϋπόθεση για την αναγνώριση πηγών κινδύνου και την επιλογή αποτελεσματικών μέτρων ελέγχου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αναγνώριση και Εκτίμηση Κινδύνων (Risk Assessment)

Η εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου αποτελεί νομικά κατοχυρωμένη υποχρέωση βάσει του Ν. 3850/2010 και του Π.Δ. 305/1996, ενώ αποτελεί και βασική απαίτηση του ISO 45001:2018 (ISO, 2018). Στο έργο ανέγερσης του μεταλλικού στεγάστρου TPAM εφαρμόστηκε οργανωμένη διαδικασία Risk Assessment, με στόχο τη μείωση της επικινδυνότητας σε αποδεκτά επίπεδα και την αποφυγή ατυχημάτων.

4.1 Σκοπός Εκτίμησης Κινδύνου

Σύμφωνα με τον Holt (2008) και τις αρχές του ISO 45001, η εκτίμηση κινδύνου αποσκοπεί στον εντοπισμό επικινδυνών καταστάσεων, στην αξιολόγηση πιθανότητας και σοβαρότητας, στον καθορισμό μέτρων προστασίας και στη συμμόρφωση με τη νομοθεσία.

Η εφαρμογή δομημένης μεθοδολογίας Risk Assessment σε κατασκευαστικά έργα έχει αποδειχθεί ότι μειώνει σημαντικά τα εργατικά ατυχήματα. Σύμφωνα με έρευνα των Fernández-Muñiz et al. (2009), εταιρείες που εφαρμόζουν δομημένο σύστημα ΥΑΕ παρουσιάζουν μείωση ατυχημάτων 25–40% σε πενταετή ορίζοντα.

4.2 Μεθοδολογία – Μήτρα Κινδύνου 5×5

Η εκτίμηση κινδύνου βασίστηκε στη μέθοδο της μήτρας κινδύνου 5×5 — ένα από τα πλέον διαδεδομένα εργαλεία ημιποσοτικής αξιολόγησης στον κατασκευαστικό κλάδο (Cox, 2008· HSE, 2001).

Η ονομασία «5×5» προκύπτει από τις διαστάσεις της μήτρας: πέντε επίπεδα Πιθανότητας (P = 1 έως 5) επί πέντε επίπεδα Σοβαρότητας (S = 1 έως 5), δηλαδή 25 συνδυασμοί συνολικά.

Σχέση επικινδυνότητας:

$$R = P \times S$$

Η μήτρα Κινδύνου 5×5 επιλέχθηκε έναντι άλλων μεθόδων (FTA, HAZOP) λόγω της συμβατότητάς της με τις απαιτήσεις του ISO 45001 και της δυνατότητας άμεσης οπτικής επικοινωνίας αποτελεσμάτων στο εργοτάξιο, όπως συνιστά η OSHA (2002) για έργα κατασκευής με σύνθετες φάσεις.

4.2.1 Κλίμακα Πιθανότητας (P)

Η πιθανότητα εκφράζει τη συχνότητα ή την πιθανότητα εμφάνισης ενός επικίνδυνου γεγονότος υπό συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας (ISO, 2018). Λαμβάνει τιμές 1–5 βάσει των κριτηρίων του Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 – Κλίμακα Πιθανότητας

Τιμή P	Επίπεδο	Ερμηνεία	Παράδειγμα στο έργο
1	Πολύ μικρή	Θεωρητική – εξαιρετικά σπάνια	Αστοχία πιστοποιημένου ιμάντα εντός ορίων WLL
2	Μικρή	Σπάνια, υπό κανονικές συνθήκες	Ηλεκτροπληξία από γραμμή 750V μετά εφαρμογή LOTO
3	Μέτρια	Ενδεχόμενη κατά τη διάρκεια έργου	Πτώση εργαλείου από ύψος χωρίς toe boards
4	Μεγάλη	Συχνή χωρίς αυστηρά μέτρα	Πτώση εργαζομένου χωρίς ζώνη σε ύψος > 2m
5	Πολύ μεγάλη	Αναμενόμενη σχεδόν βέβαιη –	Θραύση καλωδίου σε υπέρβαση ορίου έλξης

Η εκτίμηση P βασίστηκε στη συνδυαστική αξιολόγηση τεσσάρων παραγόντων, σύμφωνα με τις οδηγίες του HSE (2001): (α) φύση εργασίας, (β) εμπειρία/εκπαίδευση προσωπικού, (γ) κατάσταση εξοπλισμού, (δ) περιβαλλοντικές συνθήκες. Δεν αποτελεί αποκλειστικά προσωπική εκτίμηση, αλλά τεκμηριωμένη ομαδική αξιολόγηση από τον Τεχνικό Ασφαλείας, τον Συντονιστή Ασφαλείας και τον Υπεύθυνο Έργου.

4.2.2 Κλίμακα Σοβαρότητας (S)

Η σοβαρότητα εκφράζει το μέγεθος των συνεπειών σε περίπτωση εκδήλωσης του κινδύνου (Aven, 2016). Λαμβάνει τιμές 1–5 ως εξής:

Πίνακας 4.2 – Κλίμακα Σοβαρότητας

Τιμή S	Επίπεδο	Συνέπειες	Παράδειγμα στο έργο
1	Ασήμαντη	Χωρίς τραυματισμό ή ελάχιστη βλάβη	Μικρή γρατζουνιά από εργαλείο
2	Μικρή	Ελαφρύς τραυματισμός, πρώτες βοήθειες	Μώλωπας από χτύπημα δευτερεύοντος στοιχείου
3	Σημαντική	Τραυματισμός, ημέρες αποχής	Μυοσκελετική κάκωση από χειρωνακτική ανύψωση
4	Μεγάλη	Σοβαρός τραυματισμός, μόνιμη αναπηρία	Πτώση φορτίου σε εργαζόμενο, θλάση άκρου
5	Ακραία	Θάνατος ή πολλαπλοί τραυματισμοί	Πτώση εργαζομένου από ύψος > 5m, ηλεκτροπληξία 750V

4.2.3 Μήτρα Κινδύνου και Κατηγοριοποίηση Επικινδυνότητας

Η κατηγοριοποίηση $R = P \times S$ ακολουθεί τη διαβάθμιση των AS/NZS ISO 31000 (2009) και HSE (2001):

Πίνακας 4.3 – Κατηγοριοποίηση Κινδύνου

R (= P × S)	Επίπεδο	Ενέργεια	Αντιστοιχία ιεραρχίας
1–3	Χαμηλό	Αποδεκτό – δεν απαιτούνται πρόσθετα μέτρα	ΜΑΠ αρκεί
4–9	Μεσαίο	Αποδεκτό με εφαρμογή μέτρων ελέγχου	Οργανωτικά + ΜΑΠ
10–25	Υψηλό	Μη αποδεκτό – άμεση διακοπή	Εξάλειψη ή τεχνικά μέτρα

Το όριο αποδοχής $R_1 \leq 9$ επελέγη βάσει της δομής της μήτρας: τιμές έως 9 αντιστοιχούν σε συνδυασμούς χαμηλής/μέτριας πιθανότητας με χαμηλή/μέτρια σοβαρότητα, διαχειρίσιμους με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα. Τιμές άνω του 9 απαιτούν παρέμβαση ανώτερων επιπέδων ιεραρχίας — εξάλειψη ή αντικατάσταση (NIOSH, 2016).

4.3 Αναγνώριση Κινδύνων

Η αναγνώριση κινδύνων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Job Safety Analysis (JSA) (OSHA, 2002), κατά την οποία κάθε εργασία αποσυντίθεται σε βήματα και για κάθε

βήμα αναγνωρίζονται οι πιθανές πηγές κινδύνου. Αναγνωρίστηκαν επτά κατηγορίες κινδύνου:

4.3.1 Εργασία σε Ύψος

Η εργασία σε ύψος αποτελεί την κυριότερη αιτία θανατηφόρων ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο (Eurostat, 2022). Στο παρόν έργο, εργασίες σε ύψος εκτελέστηκαν κατά τη συναρμολόγηση κορυφής τριεδρικών φορέων, την τοποθέτηση κύριων ζευκτών, την εγκατάσταση τραπεζοειδούς λαμαρίνας και τη σύσφιξη κοχλιών.

Παράγοντες που αυξάνουν την πιθανότητα P: μετακίνηση σε μη πλήρως διαμορφωμένες επιφάνειες, χειρισμός εργαλείων ταυτόχρονα, μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες.

Παράγοντες σοβαρότητας S: πτώση από ύψος $> 5\text{m} \rightarrow S = 5$. Η επιβίωση αναρτημένου εργαζομένου εξαρτάται από τη διάρκεια ανάρτησης (πρέπει να διασωθεί εντός 10 λεπτών για αποτροπή τραύματος ανάρτησης — suspension trauma).

4.3.2 Ανυψώσεις με Γερανούς

Οι ανυψώσεις βαρέων φορτίων (έως 45,85 t) αποτελούν δραστηριότητα υψηλής επικινδυνότητας. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές OSHA (2015) και LEEA (2019), οι κύριοι κίνδυνοι περιλαμβάνουν: αστοχία ανυψωτικού εξοπλισμού, λανθασμένη πρόσδεση φορτίου, ταλάντωση κατά τη μεταφορά και σύγκρουση με δομικά στοιχεία ή προσωπικό.

4.3.3 Πτώση Υλικών

Δευτερογενής κίνδυνος σε εργασίες σε ύψος — εργαλεία ή υλικά που πέφτουν σε εργαζόμενους χαμηλότερων επιπέδων. Η ζωνοποίηση εργοταξίου και τα toe boards αποτελούν βασικά μέτρα πρόληψης.

4.3.4 Ηλεκτροπληξία (750 V DC)

Η ύπαρξη ενεργής εναέριας γραμμής 750 V DC αποτελεί κρίσιμο κίνδυνο, ιδίως κατά ανυψώσεις πλησίον της γραμμής. Βάσει IEC 60364-6 (2016), απαιτείται πλήρης απομόνωση πριν οποιαδήποτε εργασία — εφαρμογή LOTO κατά OSHA (1989).

4.3.5 Χειρωνακτική Διακίνηση Φορτίων

Παρά τη χρήση μηχανικών μέσων, σημαντικό μέρος εργασιών απαιτεί χειρωνακτικό χειρισμό — κίνδυνος μυοσκελετικών κακώσεων. Σύμφωνα με Eurostat (2022), οι

μυοσκελετικές παθήσεις αποτελούν την κυριότερη αιτία εργατικής αναπηρίας στον κατασκευαστικό κλάδο.

4.3.6 Κίνδυνοι από Μηχανικό Εξοπλισμό

Χρήση γερανών, καλάθοφόρων (MEWP) και ηλεκτρικών εργαλείων — κίνδυνοι: μηχανικές βλάβες, λανθασμένος χειρισμός, επαφή με κινούμενα μέρη. Απαιτεί πιστοποιημένους χειριστές και τακτική επιθεώρηση.

4.3.7 Ανθρώπινοι και Οργανωτικοί Παράγοντες

Σύμφωνα με το μοντέλο του Reason (1990), ανθρώπινα σφάλματα και οργανωτικές αδυναμίες αποτελούν κεντρικό παράγοντα εργατικών ατυχημάτων. Στο παρόν έργο αναγνωρίστηκαν: κόπωση, απροσεξία, υπερεμπιστοσύνη και ανεπαρκής επικοινωνία ως βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την P.

4.3.8 Συνοπτική Εκτίμηση Αρχικής Επικινδυνότητας (R_0)

Ο ακόλουθος Πίνακας 4.4 παρουσιάζει την αρχική εκτίμηση επικινδυνότητας (R_0) πριν την εφαρμογή μέτρων. Οι τιμές P και S εκτιμήθηκαν από ομάδα αξιολόγησης (Τεχνικός Ασφαλείας, Συντονιστής Ασφαλείας, Υπεύθυνος Έργου) βάσει της μεθοδολογίας JSA (OSHA, 2002) και των κατευθυντήριων γραμμών HSE (2001), λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεκριμένες συνθήκες του εργοταξίου.

Πίνακας 4.4 – Αρχική Εκτίμηση Κινδύνων (R_0)

A/A	Κίνδυνος	P_0	S_0	R_0	Κατηγορία	Τεκμηρίωση εκτίμησης
1	Εργασία σε ύψος	4	5	20	Υψηλός	P=4: συνεχής εκτέλεση σε ύψος. S=5: πτώση θανατηφόρα
2	Ανυψώσεις με γερανούς	4	4	16	Υψηλός	P=4: καθημερινές ανυψώσεις. S=4: πτώση φορτίου → σοβαρός τραυμ.
3	Πτώση υλικών	3	4	12	Υψηλός	P=3: πιθανό χωρίς toe boards. S=4: κτύπημα → σοβαρός τραυμ.
4	Ηλεκτροπληξία 750V DC	4	4	16	Υψηλός	P=4: γραμμή ενεργή κατά ανυψώσεις. S=4: ηλεκτροπληξία → βαρύς τραυμ.
5	Χειρωνακτική διακίνηση	3	3	9	Μεσαίος	P=3: μέτρια χρήση. S=3: μυοσκελετική κάκωση
6	Μηχανικός εξοπλισμός	3	4	12	Υψηλός	P=3: πιθανή βλάβη/σφάλμα. S=4: μηχανικός τραυμ.
7	Ανθρώπινοι παράγοντες	3	4	12	Υψηλός	P=3: κόπωση, ρουτίνα. S=4: λάθος σε κρίσιμη φάση

4.4 Διαδικασία Εκτίμησης ($R_0 \rightarrow R_1$)

Η μετάβαση από R_0 (αρχικός κίνδυνος) σε R_1 (τελικός κίνδυνος μετά μέτρα) ακολουθεί τη δομημένη διαδικασία που ορίζει το ISO 31000:2018 και εξειδικεύεται για κατασκευαστικά έργα από τον HSE (2001):

- **Βήμα 1 – Αναγνώριση δραστηριοτήτων:** καταγραφή όλων των φάσεων με JSA.
- **Βήμα 2 – Καταγραφή κινδύνων:** εντοπισμός κινδύνων ανά βήμα εργασίας.
- **Βήμα 3 – Υπολογισμός R_0 :** ποσοτικοποίηση χωρίς μέτρα (βλ. §4.3.8).
- **Βήμα 4 – Επιλογή μέτρων:** βάσει ιεραρχίας ελέγχου (§4.7).
- **Βήμα 5 – Υπολογισμός R_1 :** $R_1 = P_{\text{νέο}} \times S_{\text{νέο}}$. Εάν $R_1 > 9$, επαναλαμβάνεται.
- **Βήμα 6 – Τεκμηρίωση:** καταγραφή σε Method Statement, υπογραφή από υπεύθυνο.

4.5 Εκτίμηση Κινδύνου ανά Φάση Έργου

Ο Πίνακας 4.5 παρουσιάζει την εκτίμηση κινδύνου ανά φάση εκτέλεσης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Holt (2008) και OSHA (2015). Οι τιμές R_0 και R_1 στον πίνακα βασίζονται στην ομαδική αξιολόγηση που περιγράφηκε στην ενότητα 4.3.8.

Πίνακας 4.5 – Εκτίμηση Κινδύνου Ανά Φάση ($R_0 \rightarrow R_1$)

Φάση Εργασιών	Κίνδυνος	R_0	Μέτρα Αντιμετώπισης	R_1
Ανέγερση φέροντος οργανισμού	Πτώση φορτίου	16	Γερανός, σωστή πρόσδεση, «αέρηδες» καθοδήγησης, αποκλεισμός ζώνης	9
Τοποθέτηση κύριων δοκών	Εργασία σε ύψος	12	Καλαθοφόρα MEWP, γραμμές ζωής, εξοπλισμός πρόσδεσης	6
Τοποθέτηση δευτερευόντων στοιχείων	Πτώση υλικών	12	Toe boards, αποκλεισμός κάτω ζώνης, ζώνες ασφαλείας	6
Εργασίες σε προβόλους	Ανυψώσεις φορτίων	15	Lifting Plan, συντονισμός γερανού–λεβαδόρου, έλεγχος ανέμου	8
Ηλεκτρολογικές εργασίες	Ηλεκτροπληξία 750V DC	16	Διαδικασία LOTO (lock+tag+verify), πιστοποιημένο μετρητικό όργανο	4

Παρατηρήσεις: Η μεγαλύτερη μείωση ($R=16 \rightarrow 4$, 75%) επιτεύχθηκε με LOTO — εξάλειψη της πηγής κινδύνου. Η μείωση $R=16 \rightarrow 9$ (44%) στις ανυψώσεις επιτεύχθηκε με συνδυασμό τεχνικών και οργανωτικών μέτρων. Όλες οι δραστηριότητες εντός ορίου $R_1 \leq 9$.

4.6 Εκτίμηση Κινδύνου Εργασιών Εγκατάστασης Καλωδίων

Οι εργασίες εγκατάστασης καλωδίων παρουσιάζουν συνδυαστικούς κινδύνους (μηχανικούς και εργονομικούς), όπως αναλύεται στη μεθοδολογία εγκατάστασης καλωδίων ισχύος κατά IEC 60502-1.

Πίνακας 4.6 – Risk Assessment Εργασιών Καλωδίων

Δραστηριότητα	Κίνδυνος	R ₀	P ₀	S ₀	Μέτρα Αντιμετώπισης	R ₁
Εκφόρτωση στροφείων (1.844kg)	Πτώση φορτίου	12	3	4	Γερανός S.A.=2, σφήνες ασφαλείας, συντονιστής	6
Προετοιμασία σωληνώσεων	Τραυματισμοί	9	3	3	Καθαρισμός, έλεγχος αιχμηρών, ΜΑΠ	6
Χειρωνακτική εκτύλιξη	Μυοσκελετική καταπόνηση	9	3	3	Σωστή θέση στροφείου, βάσεις, γάντια	6
Μηχανική έλξη (βαρούλκο)	Θραύση καλωδίου / ανάκρουση	16	4	4	Βαρούλκο auto-stop 5.000N, ράουλα ≥540mm, λιπαντικό	8
Στερέωση καλωδίων σε σχάρες	Πτώση εργαλείου / φθορά καλωδίου	12	3	4	ΜΑΠ, ασφαλής πρόσβαση, έλεγχος RISO	6

4.7 Ιεραρχία Ελέγχου Κινδύνων

Η ιεραρχία ελέγχου κινδύνων αποτελεί θεμελιώδη αρχή της ΥΑΕ. Η αρχή είναι ότι τα μέτρα πρέπει να εφαρμόζονται κατά προτεραιότητα από το αποτελεσματικότερο (εξάλειψη) προς το λιγότερο αποτελεσματικό (ΜΑΠ).

4.7.1 Εξάλειψη (Elimination)

Πλήρης απομάκρυνση πηγής κινδύνου — το αποτελεσματικότερο επίπεδο (NIOSH, 2016).

Στο έργο:

- διακοπή εργασιών σε ανέμους > 12 m/s (εξάλειψη κινδύνου πτώσης),
- πλήρης διακοπή τάσης γραμμής 750V DC κατά εργασίες LOTO.

4.7.2 Αντικατάσταση (Substitution)

Αντικατάσταση επικίνδυνης διαδικασίας με ασφαλέστερη. Στο έργο: χρήση καλαθοφόρων MEWP αντί αυτοσχέδιων διατάξεων, επιλογή εξοπλισμού με πιστοποίηση EN 397/EN 362.

4.7.3 Τεχνικά Μέτρα (Engineering Controls)

Παρεμβάσεις στον εξοπλισμό ή το περιβάλλον, μειώνουν P και S (Holt, 2008).

Στο έργο:

- γραμμές ζωής (lifelines),
- βαρούλκο με auto-stop,
- ράουλα καμπυλότητας $\geq 540\text{mm}$,
- αέρηδες καθοδήγησης φορτίου.

4.7.4 Οργανωτικά Μέτρα (Administrative Controls)

Σαφής κατανομή ρόλων, Lifting Plans, αποκλεισμός ζωνών, toolbox meetings, εκπαίδευση. Μειώνουν κυρίως P — επηρεάζονται από ανθρώπινους παράγοντες.

4.7.5 Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ)

Τελευταίο επίπεδο άμυνας — δεν μειώνουν τον κίνδυνο στην πηγή αλλά περιορίζουν τις συνέπειες (S).

Στο έργο:

- κράνη EN 397,
- ζώνες 5 σημείων EN 361,
- αναδέτες EN 355,
- γάντια EN 388 (Holt, 2008).

4.8 Ανθρώπινοι Παράγοντες και Επίδραση στην Επικινδυνότητα

Σύμφωνα με το μοντέλο «ελβετικού τυριού» (Reason, 1990), τα ατυχήματα συμβαίνουν όταν «τρύπες» σε διαφορετικά επίπεδα άμυνας ευθυγραμμιστούν. Οι ανθρώπινοι παράγοντες αποτελούν την κυριότερη πηγή τέτοιων «τρυπών» σε κατασκευαστικά εργοτάξια (Manuele, 2011).

4.8.1 Βασικοί Παράγοντες

- **Κόπωση (Fatigue):** μειωμένη συγκέντρωση, καθυστερημένα αντανακλαστικά, αυξημένη Ρ. Ιδιαίτερα κρίσιμο σε εργασίες σε ύψος και χειρισμό γερανών.
- **Απροσεξία (Inattention):** συχνά λόγω ρουτίνας — non-use of PPE, λανθασμένος χειρισμός. Ένας από τους συχνότερους παράγοντες ατυχημάτων (Heinrich, 1931, όπως αναφ. στο Reason, 1997).
- **Υπερεμπιστοσύνη (Overconfidence):** παράκαμψη διαδικασιών από έμπειρους εργαζόμενους — ιδιαίτερα έντονο φαινόμενο σε χειριστές γερανών.
- **Ανεπαρκής επικοινωνία:** λανθασμένη κατανόηση εντολών κατά ανυψώσεις — κρίσιμο σε dual lifting.

4.8.2 Μέτρα Αντιμετώπισης

Η διαχείριση ανθρώπινων παραγόντων επιτεύχθηκε κυρίως μέσω οργανωτικών παρεμβάσεων, σύμφωνα με τις αρχές του ISO 45001 (2018):

- **Toolbox meetings:** καθημερινές συναντήσεις ασφαλείας πριν εργασίες, με εστίαση στους κινδύνους της ημέρας.
- **Επίβλεψη:** συνεχής παρουσία επιβλεπόντων που διασφαλίζει τήρηση διαδικασιών.
- **One-command-one-action:** αρχή επικοινωνίας ανυψώσεων — μόνο ο λεβαδόρος δίνει εντολές στον χειριστή γερανού.
- **Near miss reporting:** διαδικασία αναφοράς χωρίς κυρώσεις, βάσει ISO 45001, για έγκαιρη αναγνώριση κινδύνων.

4.9 Δείκτες Ασφάλειας (Safety KPIs)

Η παρακολούθηση αποτελεσματικότητας βασίστηκε σε ποσοτικούς δείκτες (KPIs) κατά τις αρχές του ISO 45001 (2018). Οι KPIs διακρίνονται σε αντιδραστικούς (μετρούν συμβάντα) και προληπτικούς (μετρούν εφαρμογή μέτρων) (HSE, 2001):

Πίνακας 4.7 – Δείκτες Ασφάλειας (Safety KPIs)

KPI	Τύπος	Στόχος	Αποτέλεσμα	Ερμηνεία
Ποσοστό εργασιών με $R_1 \leq 9$	Αντιδραστικός	100%	100%	Πλήρης επίτευξη κριτηρίου αποδοχής
Υψηλοί κίνδυνοι ($R_1 > 9$)	Αντιδραστικός	0	0	Μηδενικοί μη αποδεκτοί κίνδυνοι
Near miss incidents καταγεγραμμένα	Προληπτικός	Συνεχής καταγ.	3 καταγραφές	Λειτουργικό reporting — διορθ. ενέργειες
Συμμόρφωση χρήσης ΜΑΠ	Προληπτικός	100%	Υψηλή	Επαρκής εκπαίδευση και επίβλεψη
Toolbox meetings ανά ημέρα	Προληπτικός	1/ημέρα	100% ημερών	Συνεχής ενημέρωση προσωπικού

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας Risk Assessment στο παρόν έργο οδήγησε σε τρία μετρήσιμα αποτελέσματα:

- **Πλήρης συμμόρφωση:** 100% εργασιών με $R_1 \leq 9$ — μηδέν παρεκκλίσεις.
- **Σημαντική μείωση επικινδυνότητας:** μέση μείωση ~52%, μέγιστη 75% (LOTO).
- **Μηδέν ατυχήματα:** επιτεύχθηκε ασφαλής ολοκλήρωση σε όλες τις φάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου

Η αποδοχή κινδύνου αποτελεί το τελικό στάδιο της διαδικασίας εκτίμησης και διαχείρισης, μέσω του οποίου λαμβάνεται η απόφαση για την εκτέλεση ή μη μιας εργασίας (ISO, 2018b). Σε αντίθεση με το Κεφάλαιο 4, όπου πραγματοποιείται η ποσοτική αξιολόγηση μέσω $R = P \times S$ και $R_0 \rightarrow R_1$, στο παρόν κεφάλαιο καθορίζονται τα κριτήρια βάσει των οποίων ο τελικός κίνδυνος χαρακτηρίζεται αποδεκτός ή μη.

Σύμφωνα με τον Aven (2016), η θέσπιση σαφών κριτηρίων αποδοχής αποτελεί ουσιαστικό βήμα που μετατρέπει την εκτίμηση κινδύνου από ακαδημαϊκή άσκηση σε εφαρμόσιμο εργαλείο λήψης αποφάσεων. Χωρίς αυτά, κάθε αξιολόγηση παραμένει ατελής.

5.1 Σκοπός Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου

Σύμφωνα με το ISO 31000:2018 και το ISO 45001:2018, τα κριτήρια αποδοχής κινδύνου καθορίζουν με αντικειμενικό τρόπο το επίπεδο επικινδυνότητας που μπορεί να γίνει ανεκτό, επιτρέποντας τη μετάβαση από την εκτιμητική προσέγγιση σε δομημένο πλαίσιο λήψης αποφάσεων (ISO, 2018· ISO, 2018b).

Ειδικότερα, τα κριτήρια αποδοχής αποσκοπούν:

- **Στον σαφή προσδιορισμό αποδεκτών ορίων:** μέσω ποσοτικών κατωφλίων ($R_1 \leq 9$) που λειτουργούν ως αντικειμενικό μέτρο αξιολόγησης, αποτρέποντας υποκειμενικές κρίσεις (HSE, 2001).
- **Στην υποστήριξη λήψης αποφάσεων:** παρέχουν συνεπές πλαίσιο για το εάν μια εργασία εκτελείται, αναβάλλεται ή τροποποιείται ανάλογα με το επίπεδο επικινδυνότητας (ISO, 2018b).
- **Στην προστασία εργαζομένων:** η αποδοχή κινδύνου επιτρέπεται μόνο μετά εφαρμογή όλων των κατάλληλων μέτρων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ν. 3850/2010 και του Π.Δ. 305/1996.
- **Στην αποφυγή τεχνικών αστοχιών:** η συστηματική αποδοχή κινδύνων μειώνει απρογραμμάτιστες διακοπές και ατυχήματα (Fernández-Muñiz et al., 2009).

Τα κριτήρια αποδοχής λειτουργούν ως συνδετικός μηχανισμός μεταξύ θεωρητικής αξιολόγησης (Κεφ. 4) και πρακτικής εφαρμογής στο εργοτάξιο, ενισχύοντας παράλληλα την κουλτούρα ασφάλειας μέσω διαφανούς και πειθαρχημένης λήψης αποφάσεων (Holt, 2008).

5.2 Όρια Αποδοχής Κινδύνου

Το όριο αποδοχής $R_1 \leq 9$ επελέγη βάσει της δομής της μήτρας 5×5 (Κεφ. 4.2), σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές HSE (2001) και AS/NZS ISO 31000 (2009) για κατασκευαστικά έργα:

- **$R_1 \leq 9 \rightarrow$ Αποδεκτός:** η εργασία εκτελείται υπό τα προβλεπόμενα μέτρα ασφάλειας. Αντιστοιχεί σε συνδυασμούς χαμηλής/μέτριας πιθανότητας με χαμηλή/μέτρια σοβαρότητα — διαχειρίσιμους με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα.
- **$R_1 > 9 \rightarrow$ Μη αποδεκτός:** άμεση αναστολή εργασιών έως εφαρμογή πρόσθετων μέτρων. Τιμές άνω του 9 απαιτούν παρέμβαση ανώτερων επιπέδων ιεραρχίας — εξάλειψη ή τεχνικά μέτρα (NIOSH, 2016).

Ο Cox (2008) επισημαίνει ότι τα όρια αποδοχής δεν πρέπει να είναι αυθαίρετα αλλά να απορρέουν οργανικά από τη δομή του εργαλείου αξιολόγησης και τις συνθήκες του έργου. Στο παρόν έργο, το όριο $R_1 \leq 9$ ευθυγραμμίζεται πλήρως με τη δομή της μήτρας 5×5 και τη φύση των εργασιών.

Πίνακας 5.1 – Όρια Αποδοχής Κινδύνου

Τιμή R_1	Χαρακτηρισμός	Απόφαση	Βάση
1–3	Χαμηλός	Αποδεκτό – χωρίς πρόσθετα μέτρα	HSE (2001)
4–9	Μεσαίος	Αποδεκτό – με εφαρμογή μέτρων ελέγχου	ISO 31000 (2018)
10–25	Υψηλός	Μη αποδεκτό – άμεση διακοπή	NIOSH (2016)

5.3 Διαδικασία Αποδοχής Κινδύνου

Η διαδικασία αποδοχής κινδύνου ακολουθεί τον κύκλο PDCA του ISO 45001:2018 και εξειδικεύεται σε τέσσερα στάδια (ISO, 2018):

- **Επιβεβαίωση ολοκλήρωσης $R_0 \rightarrow R_1$:** Διασφαλίζεται ότι ο αρχικός δείκτης R_0 έχει αναθεωρηθεί σε R_1 κατόπιν εφαρμογής μέτρων. Χωρίς ολοκληρωμένη εκτίμηση δεν επιτρέπεται αποδοχή (ISO, 2018b).
- **Έλεγχος εφαρμογής μέτρων:** Επαλήθευση πλήρους και ορθής εφαρμογής τεχνικών, οργανωτικών και ατομικών μέτρων στο εργοτάξιο (HSE, 2001).
- **Σύγκριση R_1 με κριτήριο:** Η τελική τιμή συγκρίνεται με το όριο $R_1 \leq 9$, καθορίζοντας αν απαιτείται περαιτέρω παρέμβαση (ISO, 2018b).
- **Λήψη απόφασης και τεκμηρίωση:** Αποδεκτός κίνδυνος $\rightarrow$ εκτέλεση υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Μη αποδεκτός $\rightarrow$ αναστολή και επανασχεδιασμός. Η απόφαση τεκμηριώνεται σε κατάλληλα έντυπα (Holt, 2008).

Η απόφαση επανεξετάζεται σε κάθε μεταβολή συνθηκών — αλλαγή φάσης, εξοπλισμού ή σύνθεσης προσωπικού — σύμφωνα με την αρχή dynamic risk assessment (ISO, 2018b).

5.4 Τεκμηρίωση Αποδοχής Κινδύνου

Βάσει του Π.Δ. 305/1996 και του ISO 45001:2018, η αποδοχή κινδύνου συνοδεύεται υποχρεωτικά από πλήρη τεκμηρίωση που διασφαλίζει διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα. Στο πλαίσιο του παρόντος έργου αξιοποιούνται:

- **Method Statements:** αναλυτική περιγραφή διαδικασίας εκτέλεσης, μέσων και μέτρων ασφάλειας για κάθε δραστηριότητα.
- **Job Safety Analysis (JSA):** συστηματική ανάλυση κινδύνων ανά εργασιακό βήμα, κατά OSHA (2002).
- **Lifting Plans:** λεπτομερή στοιχεία εξοπλισμού, φορτίων και διαδικασιών ανύψωσης, κατά LEEA (2019).
- **Checklists εργοταξίου:** καθημερινή επιθεώρηση συνθηκών εργασίας και αναγνώριση αποκλίσεων.
- **Δελτία επιθεώρησης εξοπλισμού:** τεκμηρίωση καταλληλότητας μηχανημάτων και μέσων εργασίας.

Η συνδυασμένη χρήση των εργαλείων αυτών αποτελεί απαίτηση του κύκλου PDCA (ISO, 2018) και επιτρέπει τη συνεχή βελτίωση μέσω ανάλυσης συμβάντων και διορθωτικών ενεργειών.

5.5 Ρόλοι και Αρμοδιότητες

Σύμφωνα με το Π.Δ. 305/1996 και τον Ν. 3850/2010, η αποδοχή κινδύνου αποτελεί συλλογική διαδικασία. Η πολυεπίπεδη δομή αποφάσεων μειώνει την πιθανότητα σφαλμάτων κρίσης (Reason, 1990):

- **Τεχνικός Ασφαλείας:** αξιολογεί κινδύνους ΥΑΕ και διασφαλίζει συμμόρφωση με Ν. 3850/2010.
- **Συντονιστής Ασφαλείας:** ελέγχει εφαρμογή μέτρων και συντονισμό συνεργείων κατά Π.Δ. 305/1996.
- **Υπεύθυνος Έργου:** ισορροπεί τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις — ασφάλεια vs παραγωγικότητα (Holt, 2008).
- **Επικεφαλής συνεργείου:** άμεση αντίληψη πραγματικών συνθηκών εργοταξίου — κρίσιμος παράγοντας πρώτης γραμμής.

5.6 Ειδικά Κριτήρια Αποδοχής Τεχνικών Εργασιών

Τα γενικά όρια αποδοχής ($R_1 \leq 9$) εξειδικεύονται σε συγκεκριμένες τεχνικές προϋποθέσεις ανά κατηγορία εργασίας, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές OSHA (2015), LEEA (2019) και IOSH (2020):

5.6.1 Εργασίες Ανύψωσης

Βάσει OSHA (2015) και LEEA (2019), η αποδοχή ανυψωτικών εργασιών προϋποθέτει:

- ταχύτητα ανέμου ≤ 12 m/s — υπέρβαση συνεπάγεται άμεση αναστολή,
- πλήρης απενεργοποίηση εναέριας γραμμής 750 V DC (LOTO) πριν οποιαδήποτε ανύψωση,
- έγκεκριμένο Lifting Plan πριν κάθε ανύψωση, με καθορισμένους συντελεστές ασφαλείας ($\Sigma.A. \geq 2$),
- σαφής οριοθέτηση ζώνης και συνεχής καθοδήγηση από εξουσιοδοτημένο λεβαδόρο (signaller).

5.6.2 Συναρμολόγηση Μεταλλικών Στοιχείων

Βάσει EN 1090-2 (CEN, 2011) και EN ISO 5817, η εργασία θεωρείται αποδεκτή όταν:

- διάκενα μεταξύ στοιχείων ≤ 4 mm (EN ISO 13920),
- συγκολλήσεις εντός ορίων ποιότητας Κατ. B (EN ISO 5817),
- ροπές σύσφιξης κοχλιών εφαρμοσμένες βάσει EN ISO 898-1 και EN ISO 16047.

5.6.3 Εργασία σε Ύψος

Βάσει Κ.Υ.Α. 43726/2012 και EN 363, η αποδοχή προϋποθέτει:

- αποκλειστική χρήση πιστοποιημένων MEWP (EN 280) ή σκαλωσιών (EN 12811),
- υποχρεωτική ζώνη ασφαλείας 5 σημείων (EN 361) με αναδέτη (EN 355),
- σύστημα διάσωσης αναρτημένου εργαζομένου εντός 10 λεπτών για αποτροπή suspension trauma,
- κατάλληλες συνθήκες επιφάνειας — απαγόρευση εργασίας σε ολισθηρές επιφάνειες.

5.6.4 Ηλεκτρολογικές Εργασίες

Βάσει OSHA (1989) και IEC 60364-6 (2016), η εργασία επιτρέπεται αποκλειστικά όταν:

- εφαρμοστεί πλήρης LOTO (lock + tag + verify) από κάθε εμπλεκόμενο άτομο,
- επαληθευθεί απουσία τάσης με πιστοποιημένο μετρητικό όργανο,
- εκτελεστεί αποκλειστικά από εξειδικευμένο προσωπικό με έγκυρη πιστοποίηση.

5.7 Κριτήρια Αποδοχής Εργασιών Καλωδίων

Η εγκατάσταση καλωδίων N(A2XH) 500 mm² παρουσιάζει συνδυαστικούς κινδύνους (μηχανικούς, εργονομικούς, ηλεκτρολογικούς) που απαιτούν εξειδικευμένα κριτήρια αποδοχής, σύμφωνα με IEC 60502-1 και τις οδηγίες του κατασκευαστή Nexans.

Τεχνικά κριτήρια

- ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας ράουλων ≥ 540 mm (βάσει τεχνικού φυλλαδίου Nexans),
- μέγιστη δύναμη έλξης ≤ 5.000 N/καλώδιο — υπέρβαση → κίνδυνος θραύσης μόνωσης,
- βαρούλκο εξοπλισμένο με σύστημα αυτόματης παύσης (auto-stop) σε υπέρβαση ορίου.

Οργανωτικά κριτήρια

Βάσει OSHA (2002) (JSA ανά φάση):

- σαφής κατανομή ρόλων — εργοδηγός έλξης, παρατηρητές φρεατίων, QC Inspector,
- ασύρματη επικοινωνία μεταξύ εργοδηγού και παρατηρητών σε κάθε φρεάτιο,
- πλήρης αποκλεισμός χώρου έλξης — αποτροπή παρουσίας τρίτων.

Μέτρα ατομικής προστασίας

- γάντια αντοχής EN 388, κράνος EN 397, υποδήματα S3 EN 20345,
- επιθεώρηση καλωδίου και εξοπλισμού πριν την έναρξη (RISO πριν και μετά έλξη),
- επανέλεγχος μετά ολοκλήρωση για ορθή τοποθέτηση και ακεραιότητα μόνωσης.

Σε αντίθεση με τις εργασίες μεταλλικών κατασκευών — όπου τα κριτήρια εστιάζουν σε δομικές παραμέτρους — εδώ η έμφαση δίνεται στον μηχανικό έλεγχο της διαδικασίας έλξης και στη συνεργασία συνεργείων (Holt, 2008).

5.8 Οργανωτικά Κριτήρια Αποδοχής

Σύμφωνα με το μοντέλο «ελβετικού τυριού» (Reason, 1990), ακόμη και τεχνικά άρτια σχεδιασμένες εργασίες μπορεί να αποτύχουν λόγω οργανωτικών κενών. Η εργασία θεωρείται αποδεκτή μόνο εφόσον (ISO, 2018):

- υπάρχει επαρκές και εκπαιδευμένο προσωπικό με γνώση διαδικασιών και μέτρων ΥΑΕ,
- διασφαλίζεται αποτελεσματικός συντονισμός μεταξύ συνεργείων σε αλληλεπικαλυπτόμενες δραστηριότητες,
- αποφεύγεται ταυτόχρονη εκτέλεση επικίνδυνων εργασιών στον ίδιο χώρο.

5.9 Συμμόρφωση με Τεχνικά Πρότυπα

Η τήρηση διεθνών τεχνικών προτύπων αποτελεί βασικό κριτήριο αποδοχής — η μη συμμόρφωση συνιστά αυτόματα μη αποδεκτή κατάσταση (CEN, 2011):

Πίνακας 5.2 – Τεχνικά Πρότυπα ως Κριτήρια Αποδοχής

Πρότυπο	Αντικείμενο	Κριτήριο Αποδοχής	Συνέπεια Συμμόρφωσης	Μη
EN 1090-2 (EXC-2)	Εκτέλεση μεταλλικών κατασκευών	Τεκμηριωμένοι ποιοτικοί έλεγχοι	Αποτυχία → δομική αστοχία	
EN ISO 5817 (Κατ. B)	Ποιότητα συγκολλήσεων	Οπτικός έλεγχος σύμφωνος	Αδύναμη συγκόλληση ρωγμή →	
EN ISO 13920 (B-F)	Γεωμετρικές ανοχές	Διάκενα ≤ 4 mm	Γεωμετρικό σφάλμα → ανατροπή	
OSHA 1910.147 / EN 1037	LOTO	Πλήρης απομόνωση πριν εργασία	Ηλεκτροπληξία 750V DC	
IEC 60502-1	Καλώδια ισχύος	RISO $\geq$ ελάχ. αποδεκτή τιμή	Φθορά μόνωσης → βραχυκύκλωμα	

5.10 Κανόνες Λήψης Απόφασης

Οι κανόνες λήψης απόφασης βασίζονται στην αρχή ότι η ασφάλεια δεν είναι διαπραγματεύσιμη (Holt, 2008):

Εκτέλεση επιτρέπεται ΜΟΝΟ όταν:

- $R_1 \leq 9$ (βάσει εκτίμησης Κεφ. 4),

- πλήρης εφαρμογή όλων των προβλεπόμενων μέτρων ελέγχου,
- εξοπλισμός κατάλληλος, πιστοποιημένος και σε καλή λειτουργία.

Εργασία διακόπτεται ΑΜΕΣΩΣ όταν:

- $R_1 > 9$ ή αλλαγή συνθηκών που ανεβάζει R πάνω από το όριο,
- άνεμος > 12 m/s κατά ανυψωτικές εργασίες (OSHA, 2015),
- απόκλιση από μέτρα ασφαλείας ή δυσλειτουργία εξοπλισμού,
- εντοπισμός near miss — ανάλυση πριν επανέναρξη (ISO, 2018).

Η αποδοχή κινδύνου δεν είναι στατική διαδικασία αλλά ακολουθεί τον κύκλο PDCA του ISO 45001:2018. Η επανεκτίμηση πραγματοποιείται σε κάθε (Aven, 2016):

- μεταβολή συνθηκών εργασίας (καιρός, φάση, υποδομή),
- αλλαγή ή αντικατάσταση εξοπλισμού,
- διαφοροποίηση σύνθεσης ή συμπεριφοράς ανθρώπινου δυναμικού,
- καταγραφή near miss — ανάλυση εντός 24 ωρών και διορθωτική ενέργεια.

Η συνεχής βελτίωση ενισχύεται μέσω επιθεωρήσεων, ανατροφοδότησης από το εργοτάξιο και ανάλυσης συμβάντων (ISO, 2018) — καθιστώντας το σύστημα διαχείρισης κινδύνου «ζωντανό» εργαλείο και όχι γραφειοκρατική διαδικασία.

Η εφαρμογή των κριτηρίων αποδοχής στο παρόν έργο οδήγησε σε: 100% εργασιών με $R_1 \leq 9$, μηδέν εργασίες με μη αποδεκτό κίνδυνο και ασφαλή ολοκλήρωση χωρίς ατυχήματα — επιβεβαιώνοντας ότι η συστηματική εφαρμογή σαφών κριτηρίων αποδοχής αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιτυχίας σε σύνθετα τεχνικά έργα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μέτρα Πρόληψης και Προστασίας με Παραδείγματα Εφαρμογών

Τα μέτρα πρόληψης και προστασίας μετατρέπουν τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου (Κεφ. 4) και των κριτηρίων αποδοχής (Κεφ. 5) σε πρακτικές ενέργειες εφαρμογής στο εργοτάξιο. Σύμφωνα με τον Holt (2008), η αποτελεσματικότητα ενός συστήματος ΥΑΕ κρίνεται από την πρακτική εφαρμογή — όχι μόνο από τον γραπτό σχεδιασμό.

Η στρατηγική πρόληψης βασίστηκε στην ιεραρχία ελέγχου κινδύνων κατά NIOSH (2016):

Εξάλειψη → Αντικατάσταση → Τεχνικά μέτρα → Οργανωτικά μέτρα → ΜΑΠ

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε μέσω Method Statements, Risk Assessment & JSA (OSHA, 2002), Lifting Plans (LEEA, 2019), toolbox meetings και επιθεωρήσεων εξοπλισμού — σε πλήρη συμφωνία με το ISO 45001:2018 (ISO, 2018).

6.1 Στόχος και Φιλοσοφία Πρόληψης

Βάσει της αρχής «πρόληψη στην πηγή» του N. 3850/2010 και του ISO 45001 (ISO, 2018), επιδιώχθηκε:

- **Εξάλειψη κινδύνων:** διακοπή ηλεκτροδότησης γραμμής 750V DC κατά εργασίες πλησίον της (OSHA, 1989).
- **Μείωση P και S:** χρήση γερανών, αποκλεισμός ζωνών, συστήματα πρόσδεσης (NIOSH, 2016).
- **Καμία εργασία με $R_1 > 9$:** σύμφωνα με κριτήριο αποδοχής Κεφ. 5 (HSE, 2001).

Η επιτυχής εφαρμογή επιβεβαιώνεται από έρευνα των Fernández-Muñiz et al. (2009): εταιρείες με δομημένο σύστημα ΥΑΕ παρουσιάζουν μείωση ατυχημάτων 25–40%. Στο παρόν έργο: μηδέν ατυχήματα, $100\% R_1 \leq 9$.

6.2 Συλλογικά Μέτρα Προστασίας

Τα συλλογικά μέτρα προστατεύουν ταυτόχρονα πολλαπλούς εργαζομένους και κατατάσσονται υψηλότερα στην ιεραρχία έναντι ΜΑΠ (NIOSH, 2016). Η ενσωμάτωσή τους στον σχεδιασμό — και όχι ως εκ των υστέρων πρόσθεση — αποτελεί βέλτιστη πρακτική κατά Holt (2008).

6.2.1 Κιγκλιδώματα και Περιφράξεις

Βάσει EN 13374 (CEN, 2013) για συστήματα περιμετρικής προστασίας, εφαρμόστηκαν: edge protection με top & mid rails, toe boards ύψους ≥ 15 cm για αποτροπή πτώσης εργαλείων, και φυσική σήμανση επικίνδυνων ζωνών.

Παράδειγμα εφαρμογής: Κατά την τοποθέτηση τραπεζοειδούς λαμαρίνας, όλα τα ανοικτά άκρα πλατφόρμας εξοπλίστηκαν με συστήματα EN 13374, διασφαλίζοντας ασφαλή κίνηση προσωπικού σε ύψος.

6.2.2 Αντιολισθητικές Επιφάνειες

Τα μεταλλικά στοιχεία — ιδίως κατά βροχόπτωση — παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλό συντελεστή ολισθηρότητας. Σύμφωνα με τις οδηγίες HSE (2001), εφαρμόστηκαν: αντιολισθητικά υποδήματα S3 (EN 20345), καθαρισμός επιφανειών πριν εργασία και προσωρινή αναστολή εργασιών σε επικίνδυνες συνθήκες — προτεραιότητα πρόληψης έναντι χρονοδιαγράμματος.

6.2.3 Πλατφόρμες Εργασίας

Χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά πιστοποιημένα MEWP (EN 280) και σκαλωσιές (EN 12811). Σύμφωνα με IOSH (2020), η ημερήσια επιθεώρηση MEWP πριν χρήση αποτελεί υποχρεωτική απαίτηση — εφαρμόστηκε σε κάθε βάρδια.

6.2.4 Ζώνες Αποκλεισμού

Πλήρης αποκλεισμός swing radius γερανών, με εξειδικευμένο spotter/signalman κατά OSHA (2015). Εργασίες διακόπτονταν αμέσως σε άνεμο > 12 m/s — εφαρμογή του κριτηρίου αποδοχής Κεφ. 5.6.1.

6.3 Φάσεις Εργασιών Καλωδίωσης – Case Study Μέτρων Πρόληψης

Η εγκατάσταση καλωδίων N(A2XH) 500 mm² αποτελεί παράδειγμα συνδυαστικής εφαρμογής μέτρων. Η τεχνική περιγραφή παρουσιάστηκε στο Κεφ. 3.5. Εδώ αναλύεται η JSA ανά φάση (OSHA, 2002):

6.3.1 Παραλαβή και Εκφόρτωση Στροφείων

- Κίνδυνοι: πτώση φορτίου (1.844 kg), αστάθεια στροφείου

- Μέτρα: γερανός S.A.=2 (LEEA, 2019), σφήνες ασφαλείας αμέσως μετά απόθεση, εξουσιοδοτημένος συντονιστής (N. 3850/2010)
- Αποτέλεσμα: $R_0=12 \rightarrow R_1=6$

6.3.2 Προετοιμασία Υποδομών

- Κίνδυνοι: φθορά μόνωσης καλωδίου, τραυματισμός από αιχμηρά
- Μέτρα: καθαρισμός φρεατίων, απομάκρυνση αιχμηρών, ράουλα $\geq 540\text{mm}$ (IEC 60502-1)
- Αποτέλεσμα: $R_0=9 \rightarrow R_1=6$

6.3.3 Χειρωνακτική Εκτύλιξη

- Κίνδυνοι: μυοσκελετική καταπόνηση (Eurostat, 2022)
- Μέτρα: σωστή θέση στροφείου σε υδραυλικά καβαλέτα, γάντια EN 388, αποφυγή αιφνίδιων φορτίσεων
- Αποτέλεσμα: $R_0=9 \rightarrow R_1=6$

6.3.4 Μηχανική Έλξη Καλωδίων

- Κίνδυνοι: θραύση καλωδίου, ανάκρουση συρματόσχοινου
- Μέτρα: βαρούλκο auto-stop 5.000N (Nexans spec.), λιπαντικό ~27L, ασύρματη επικ. παρατηρητών
- Αποτέλεσμα: $R_0=16 \rightarrow R_1=8$

6.3.5 Τελική Τοποθέτηση και Έλεγχος

- Κίνδυνοι: κακή εγκατάσταση, φθορά μόνωσης
- Μέτρα: στερέωση σε σχάρες, RISO πριν και μετά έλξη (IEC 60364-6, 2016)
- Αποτέλεσμα: $R_0=12 \rightarrow R_1=6$

6.4 Οργάνωση Συνεργειών και Ρόλων

Η σαφής κατανομή ρόλων αποτρέπει σφάλματα συντονισμού που αποτελούν συχνή αιτία ατυχημάτων (Reason, 1990). Βάσει Π.Δ. 305/1996 και ISO 45001 (ISO, 2018) ορίστηκαν:

- **Συντονιστής εργασιών:** συνολική επίβλεψη, εξουσία αναστολής εργασιών.
- **Λεβαδόρος (signaller):** αποκλειστική εξουσία εντολών προς χειριστή γερανού — αρχή one-command—one-action.

- **Εργοδηγός έλξης:** παρακολούθηση δύναμης έλξης, συνεχής επαφή με παρατηρητές.
- **QC Inspector:** επιβεβαίωση συμμόρφωσης με EN 1090-2 και IEC 60502-1.
- **Παρατηρητές φρεατίων:** ορατός έλεγχος σε μη ορατά τμήματα διαδρομής.
- **Προσωπικό εδάφους:** υποστηρικτικές εργασίες, εκτέλεση οδηγιών λεβαδόρου.

Η πολυεπίπεδη αυτή δομή μειώνει την πιθανότητα ανθρώπινων σφαλμάτων μέσω της αρχής redundancy — κάθε κρίσιμη απόφαση εγκρίνεται από πλέον ενός ρόλου (Reason, 1997).

6.5 Συνδυασμός Τεχνικών, Οργανωτικών Μέτρων και ΜΑΠ

Η αποτελεσματική μείωση κινδύνου απαιτεί ταυτόχρονη εφαρμογή και των τριών κατηγοριών μέτρων (NIOSH, 2016). Το παράδειγμα εγκατάστασης καλωδίων το αποδεικνύει εναργώς:

Τεχνικά Μέτρα (Engineering Controls):

- ράουλα ≥ 540 mm (IEC 60502-1) — αποφυγή μηχανικής καταπόνησης μόνωσης,
- βαρούλκο auto-stop 5.000N (κατασκευαστής Sahlins / Nexans spec.) — αποτροπή θραύσης,
- λιπαντικό ~27L (τύπος Polywater) — μείωση τριβής και δύναμης έλξης.

Οργανωτικά Μέτρα (Administrative Controls):

- πλήρης αποκλεισμός περιοχής εργασίας (Π.Δ. 305/1996),
- ασύρματη επικοινωνία μεταξύ εργοδηγού και παρατηρητών (ISO, 2018),
- toolbox meeting πριν κάθε φάση έλξης (Holt, 2008).

Μέσα Ατομικής Προστασίας — ΜΑΠ (PPE):

- κράνος EN 397, γάντια EN 388, υποδήματα S3 EN 20345,
- ζώνες EN 361 + αναδέτης EN 355 για εργασία σε ύψος.

Πίνακας 6.1 – Μείωση Κινδύνου (Risk Reduction Matrix)

Δραστηριότητα	Κίνδυνος	R ₀	Μέτρα Ελέγχου	Μείωση	R ₁	Πηγή
Ανύψωση μεταλλ. στοιχείων	Πτώση φορτίου	16	Γερανός, ιμάντες, αέρηδες, αποκλεισμός	↓P	9	OSHA (2015), LEEA (2019)
Εργασία σε ύψος	Πτώση εργαζομένου	20	Lifelines EN 363, MEWP EN 280, κιγκλιδώματα	↓P+↓S	6	IOSH (2020), EN 13374
Τοποθέτηση λαμαρίνας	Πτώση υλικών	12	Toe boards EN 13374, αποκλεισμός	↓S	6	CEN (2013)
Ηλεκτρολογικές εργασίες	Ηλεκτροπληξία 750V	16	LOTO (lock+tag+verify)	↓P (εξάλ.)	4	OSHA (1989), IEC 60364-6
Εκφόρτωση στροφείων	Πτώση φορτίου	12	Γερανός S.A.=2, σφήνες	↓P	6	LEEA (2019)
Έλξη καλωδίων	Θραύση καλωδίου	16	Auto-stop 5.000N, ράουλα ≥540mm	↓P	8	IEC 60502-1, Nexans
Εκτύλιξη καλωδίων	Μυοσκελετική καταπόν.	9	Εργονομία, σωστή στάση, γάντια EN 388	↓P	6	Eurostat (2022)
Κίνηση σε εργοτάξιο	Ολίσθηση/πτώση	9	Anti-slip, υποδήματα S3, καθαρισμός	↓P	6	HSE (2001)
Ανυψωτικές εργασίες	Πλήγμα από εξοπλισμό	15	Ζώνη αποκλεισμού, spotter	↓P	8	OSHA (2015)
Εγκατάσταση καλωδίων	Φθορά καλωδίου	12	Ράουλα ≥540mm, λίπανση	↓S	6	IEC 60502-1

6.6 Ανυψώσεις Φορτίων – Μέτρα και Παραδείγματα

Οι ανυψώσεις αποτελούν την πλέον κρίσιμη δραστηριότητα (R₀ = 16). Σύμφωνα με OSHA (2015) και LEEA (2019), τα βασικά μέτρα περιλαμβάνουν:

- έλεγχο Working Load Limit (WLL) ιμάντων και κλειδίων πριν κάθε χρήση,
- σωστές γωνίες ανάρτησης (βάσει πίνακα γωνιών LEEA) για αποφυγή υπερφόρτισης,
- πλήρη αποκλεισμό επικίνδυνης ζώνης — κανείς κάτω από ανυψωμένο φορτίο,
- διακοπή σε άνεμο > 12 m/s (OSHA, 2015).

Παράδειγμα εφαρμογής: Κατά ανυψωτικές εργασίες, η ταχύτητα ανέμου υπερέβη τα 12 m/s. Η άμεση διακοπή — χωρίς πίεση χρονοδιαγράμματος — αποτελεί ενεργή εφαρμογή της αρχής safety-first (Holt, 2008).

6.7 Ηλεκτρολογικές Εργασίες – Διαδικασία LOTO

Η διαδικασία Lock-Out / Tag-Out (LOTO) τυποποιείται από το OSHA Standard 29 CFR 1910.147 (OSHA, 1989) και το αντίστοιχο ευρωπαϊκό EN 1037. Αποτελεί παράδειγμα εφαρμογής του ανώτερου επιπέδου ιεραρχίας — εξάλειψη πηγής κινδύνου (NIOSH, 2016):

- Βήμα 1: Αναγνώριση πηγών ενέργειας (γραμμή 750V DC).
- Βήμα 2: Ειδοποίηση εμπλεκόμενου προσωπικού.
- Βήμα 3: Πλήρης διακοπή τάσης.
- Βήμα 4: Κλείδωμα (Lockout) — ένα λουκέτο ανά άτομο.
- Βήμα 5: Σήμανση (Tagout) — ημερομηνία, υπεύθυνος, λόγος.
- Βήμα 6: Επαλήθευση απουσίας τάσης με πιστοποιημένο όργανο (IEC 60364-6, 2016).
- Βήμα 7: Εκτέλεση εργασίας υπό απομονωμένες συνθήκες.
- Βήμα 8: Αποκατάσταση με αντίστροφη σειρά + επαλήθευση πριν επαναφορά τάσης.

Αποτέλεσμα LOTO στο παρόν έργο: $R_0 = 16 \rightarrow R_1 = 4$ (μείωση 75%) — η μεγαλύτερη μείωση επικινδυνότητας από οποιαδήποτε άλλη παρέμβαση.

6.8 Housekeeping – Διαχείριση Εργοταξιακού Χώρου

Ο Heinrich (1931, όπως αναφ. στο Reason, 1997) επισήμανε ότι οι ανασφαλείς συνθήκες περιβάλλοντος (ολισθηρά δάπεδα, αταξία) συμβάλλουν σε σημαντικό ποσοστό ατυχημάτων. Εφαρμόστηκαν:

- διατήρηση καθαρών διαδρόμων (ελάχιστο πλάτος 1,2m) βάσει Π.Δ. 305/1996,
- συστηματική απομάκρυνση αποβλήτων και υλικών συσκευασίας,
- ασφαλής αποθήκευση υλικών σε προκαθορισμένες θέσεις εκτός ζωνών ανύψωσης.

6.9 Επιθεωρήσεις Εξοπλισμού

Βάσει ISO 45001 (ISO, 2018) (ενότητα 8.1 — επιχειρησιακός έλεγχος) εφαρμόστηκαν καθημερινές επιθεωρήσεις πριν εργασίες, με άμεση απόσυρση φθαρμένων στοιχείων. Σύμφωνα με LEEA (2019), ο τακτικός έλεγχος ανυψωτικών μέσων αποτελεί νομική υποχρέωση:

- γερανοί και ιμάντες: ημερήσιος οπτικός έλεγχος + περιοδικός επίσημος έλεγχος,

- βαρούλκο έλξης: επαλήθευση λειτουργίας auto-stop πριν κάθε χρήση,
- ΜΑΠ: ημερήσιος έλεγχος από κάθε εργαζόμενο (ζώνες, αναδέτες, κράνη).

6.10 Method Statements

Κάθε δραστηριότητα συνοδεύεται από εγκεκριμένο Method Statement, απαίτηση του Π.Δ. 305/1996 (ΣΑΥ) και βέλτιστη πρακτική κατά Holt (2008). Περιλάμβανε: λεπτομερή περιγραφή εργασίας, JSA (OSHA, 2002), μέτρα ελέγχου, απαιτήσεις ΜΑΠ και κατανομή ρόλων. Η σύνταξη πριν εκτέλεση — και η τήρησή του στην πράξη — μείωσε αβεβαιότητα και ανθρώπινα σφάλματα.

6.11 Διαχείριση Έκτακτων Αναγκών

Σύμφωνα με ISO 45001 (ISO, 2018) (ενότητα 8.2), αναπτύχθηκαν σχέδια έκτακτης ανάγκης για τρία σενάρια:

- **Πτώση εργαζομένου από ύψος:** άμεση διάσωση αναρτημένου εντός 10 λεπτών (αποτροπή suspension trauma), MEWP πάντα σε ετοιμότητα διάσωσης.
- **Ηλεκτροπληξία:** απομόνωση τάσης (LOTO), πρώτες βοήθειες, κλήση ΕΚΑΒ.
- **Αστοχία γερανού:** εκκένωση ζώνης, ασφάλιση φορτίου, επιθεώρηση πριν επανέναρξη.

Πραγματοποιήθηκαν πρακτικές ασκήσεις (drills) για την πτώση από ύψος, μειώνοντας τη σοβαρότητα (S) πιθανών επιπτώσεων (ISO, 2018).

6.12 Εκπαίδευση Προσωπικού

Η εκπαίδευση αποτελεί κεντρική απαίτηση του Ν. 3850/2010 (άρθρα 25–27) και του ISO 45001 (ISO, 2018). Σύμφωνα με Manuele (2011), η ανεπαρκής εκπαίδευση συνδέεται με αυξημένη πιθανότητα ανθρώπινων σφαλμάτων. Θεματικές εκπαίδευσης:

- Διαδικασίες LOTO — κάθε εργαζόμενος που εκτελεί ή επιβλέπει ηλεκτρολογικές εργασίες (OSHA, 1989),
- Εργασία σε ύψος και χρήση ζωνών EN 361/EN 355 (IOSH, 2020),
- Χειρισμός MEWP — αποκλειστικά πιστοποιημένοι χειριστές (EN 280),
- Διαδικασίες ανύψωσης — Lifting Plans, σήματα επικοινωνίας λεβαδόρου (LEE, 2019).

6.13 Επιθεωρήσεις και Audits

Βάσει κύκλου PDCA (ISO, 2018) — φάση Check — εφαρμόστηκαν τακτικές επιθεωρήσεις εργοταξίου, καταγραφή αποκλίσεων, διορθωτικές ενέργειες (corrective

actions) και επανέλεγχος αποτελεσματικότητας. Σύμφωνα με Fernández-Muñiz et al. (2009), οι εσωτερικές επιθεωρήσεις αποτελούν έναν από τους ισχυρότερους προγνωστικούς παράγοντες μείωσης ατυχημάτων.

6.14 Ανθρώπινοι Παράγοντες – Εφαρμογή στο Έργο

Η θεωρητική ανάλυση ανθρώπινων παραγόντων (κόπωση, απροσεξία, υπερεμπιστοσύνη) παρουσιάστηκε στο Κεφ. 4.8 (Reason, 1990· Manuele, 2011). Εδώ καταγράφεται η πρακτική εφαρμογή:

- **Toolbox meetings:** κάθε πρωί, με προσαρμογή στη φάση — κατά ανυψώσεις εστίαζε σε ζώνες αποκλεισμού και επικοινωνία, κατά καλωδίωση στο όριο δύναμης έλξης (ISO, 2018).
- **Επίβλεψη κρίσιμων φάσεων:** Συντονιστής Ασφαλείας φυσικά παρών κατά dual lifting και έλξη βαρούλκου — εντοπισμός αποκλίσεων σε πραγματικό χρόνο (Reason, 1990).
- **Αντιμετώπιση υπερεμπιστοσύνης:** έμπειροι χειριστές γερανών υποχρεούνταν ισότιμα σε toolbox meetings και τήρηση Lifting Plans (Manuele, 2011).
- **Near miss reporting:** αναφορά χωρίς κυρώσεις (ISO, 2018) — 3 καταγραφές, διορθωτικές ενέργειες πριν επανέναρξη σε κάθε περίπτωση.

6.15 Διαχείριση Καιρικών Συνθηκών

Βάσει OSHA (2015) και Lifting Plans, εφαρμόστηκε συνεχής παρακολούθηση ανέμου με φορητό ανεμόμετρο. Άμεση αναστολή σε > 12 m/s, επανέναρξη μόνο μετά σταθεροποίηση και νέο έλεγχο — εφαρμογή dynamic risk assessment (ISO, 2018b).

6.16 Δείκτες Απόδοσης (Safety KPIs) – Αποτελέσματα

Οι δείκτες ασφάλειας που χρησιμοποιήθηκαν αναλύθηκαν στο Κεφ. 4.9. Τα αποτελέσματα εκτέλεσης επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα των μέτρων (ISO, 2018):

- 100% εργασιών με $R_1 \leq 9$ — χωρίς καμία εξαίρεση.
- 0 σοβαρά ατυχήματα — μηδέν σε σύνολο 19 κατηγοριών δραστηριοτήτων.
- 3 near misses καταγεγραμμένα — λειτουργικό reporting, διορθωτικές ενέργειες σε κάθε περίπτωση.
- 100% συμμόρφωση ΜΑΠ — επαληθευμένο μέσω ημερήσιων checklists.

6.17 Παραδείγματα Εφαρμογής Μείωσης Κινδύνου

Η πρακτική αξία των μέτρων αποτυπώνεται στη μετρήσιμη μείωση R , σύμφωνα με τη μεθοδολογία Κεφ. 4 (Cox, 2008):

- Συναρμολόγηση ζευκτών: $R_0 = 12 \rightarrow R_1 = 6$ (μείωση 50%)
- Dual lifting τριεδρικών φορέων: $R_0 = 16 \rightarrow R_1 = 9$ (μείωση 44%)
- Τοποθέτηση μεταλλικής επικάλυψης: $R_0 = 12 \rightarrow R_1 = 6$ (μείωση 50%)
- Ηλεκτρολογικές εργασίες (LOTO): $R_0 = 16 \rightarrow R_1 = 4$ (μείωση 75%)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Case Study – Εφαρμογή Μεθόδων Ασφαλείας στην Κατασκευή Στεγάστρου TRAM

7.1 Εισαγωγή και Περιγραφή του Έργου

Η ομαλή και ασφαλής εκτέλεση ενός τέτοιου έργου προϋποθέτει την πλήρη ενσωμάτωση μεθόδων ασφαλούς εργασίας, τεκμηριωμένων διαδικασιών και συστηματικής εκτίμησης κινδύνων. Στο πλαίσιο αυτό, η ασφάλεια δεν αντιμετωπίζεται ως συμπληρωματική λειτουργία, αλλά ως βασικό στοιχείο σχεδιασμού και υλοποίησης του έργου.

7.1.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Έργου

7.1.2 Δομή και Πυλώνες Ασφάλειας

Η υλοποίηση του έργου βασίστηκε σε δύο βασικούς πυλώνες ασφάλειας:

- **Μεθοδολογία Ανέγερσης (ενότητα 8.2):** αναλυτική τεκμηρίωση διαδικασιών εκτέλεσης για κάθε φάση, με εξειδικευμένους ελέγχους ασφαλείας, Lifting Plans και Method Statements.
- **Εφαρμογή Risk Assessment (ενότητα 8.3):** δυναμική εκτίμηση κινδύνου $R_0 \rightarrow R_1$ για κάθε δραστηριότητα, με κριτήριο αποδοχής $R_1 \leq 9$, και ποσοτική επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

7.2 Μεθοδολογία Ανέγερσης

Η Μεθοδολογία Ανέγερσης (Method Statement) αποτελεί το κεντρικό τεκμηριωτικό εργαλείο που περιγράφει αναλυτικά κάθε στάδιο εκτέλεσης, τους πόρους που απαιτούνται, τους κινδύνους που αναγνωρίζονται και τα μέτρα που εφαρμόζονται. Η σύνταξη και έγκρισή της πριν την έναρξη κάθε φάσης αποτέλεσε υποχρεωτική απαίτηση του συστήματος διαχείρισης ασφαλείας.

7.2.1 Μεταφορά και Αποθήκευση Μεταλλικών Τμημάτων

Η διαχείριση των μεταλλικών στοιχείων ξεκινά πριν την εγκατάσταση, με τη σωστή μεταφορά από το εργοστάσιο βιομηχανοποίησης στο εργοτάξιο και την οργανωμένη

αποθήκευσή τους. Η φάση αυτή ενέχει κινδύνους πτώσης φορτίου, αστάθειας και τραυματισμού, οι οποίοι αντιμετωπίστηκαν με συγκεκριμένες διαδικασίες.

Χαρακτηριστικά μεταφερόμενων τεμαχίων

Τα βασικά χαρακτηριστικά βάρους των κύριων τεμαχίων που μεταφέρθηκαν και χειρίστηκαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 7.1 – Χαρακτηριστικά Κύριων Μεταφερόμενων Τεμαχίων

Τεμάχιο	Μήκος (mm)	Βάρος (t / kg)	Παρατήρηση
Βαρύτερο σωληνωτό κύριο στοιχείο	11.700 mm	3,65 t	Απαιτεί ανύψωση με γερανό
Ελαφρύτερο σωληνωτό κύριο στοιχείο	3.530 mm	0,8 t	Δυνατόν χειρωνακτική διακίνηση
Δευτερεύοντα μεταλλικά στοιχεία (βαρύτερα)	ποικίλο	250 kg	Ανύψωση με γερανό
Δευτερεύοντα μεταλλικά στοιχεία (ελαφρύτερα)	ποικίλο	40 kg	Χειρωνακτική ή μηχανική
Ενισχυμένος εξωτερικός τριεδρικός φορέας	πλήρης	45,85 t	Dual lifting με δύο γερανούς
Τυπικός εσωτερικός τριεδρικός φορέας	πλήρης	41,75 t	Dual lifting με δύο γερανούς

Εξοπλισμός εκφόρτωσης

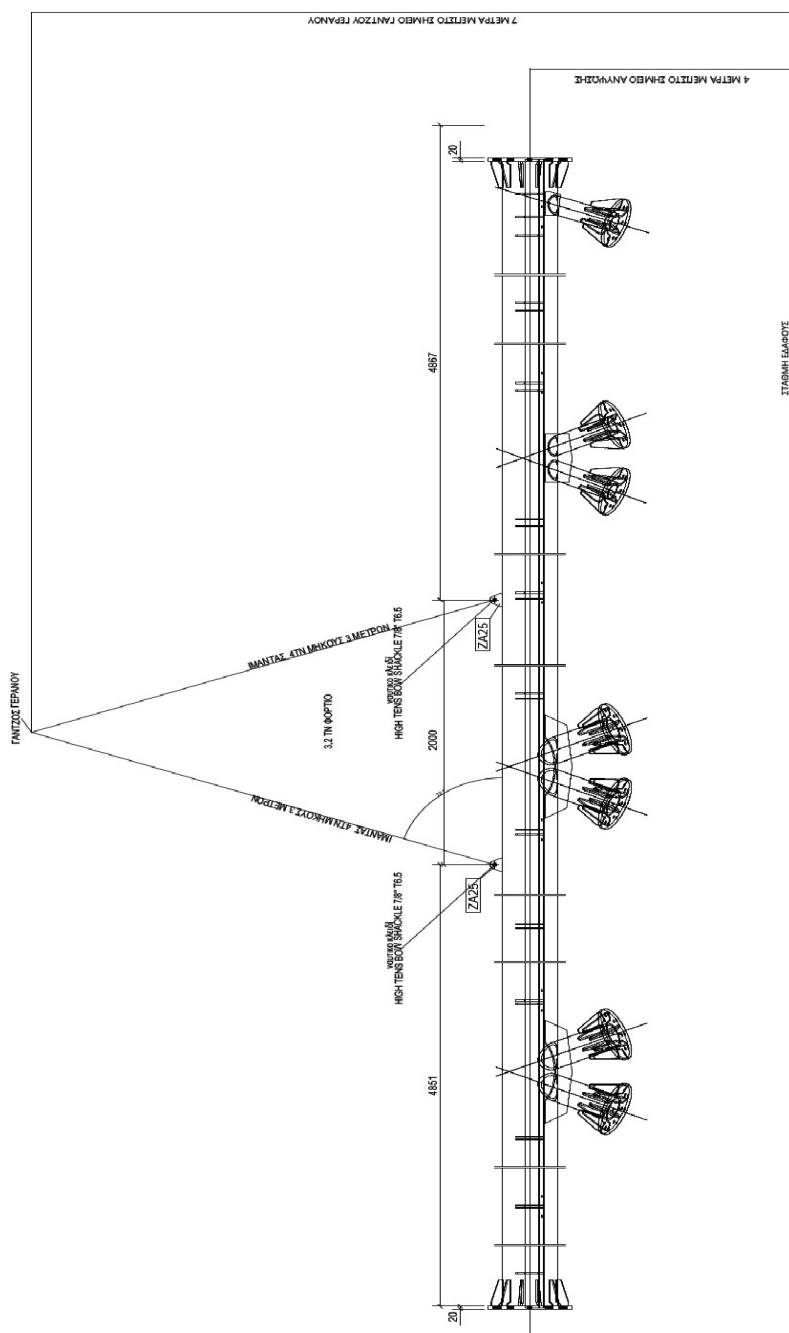
Για την εκφόρτωση χρησιμοποιήθηκε τηλεσκοπικός γερανός Liebherr LT55-03 με ανυψωτική ικανότητα διαστρωματωμένη ώστε ο συντελεστής ασφαλείας να είναι τουλάχιστον 2. Τα αντίστοιχα Lifting Plans παρατίθενται στο Παράρτημα 2.

Κατά την εκφόρτωση χρησιμοποιήθηκαν:

- Ιμάντες μήκους 3 m, ανυψωτικής ικανότητας 4 t.

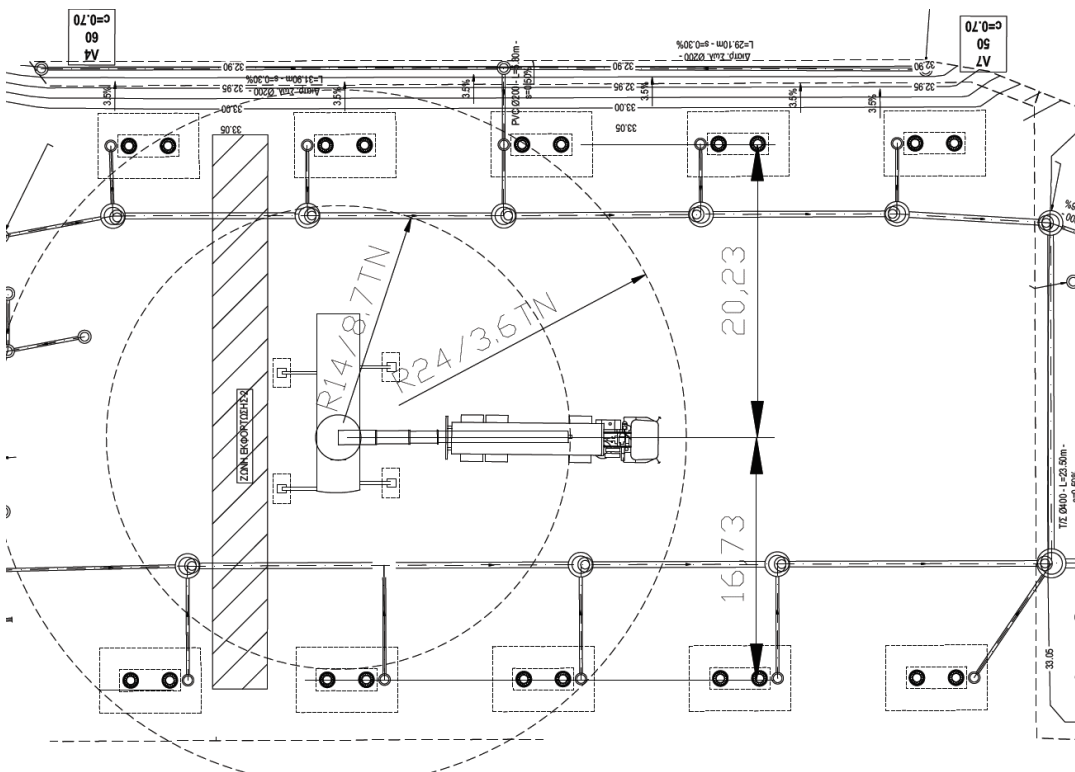
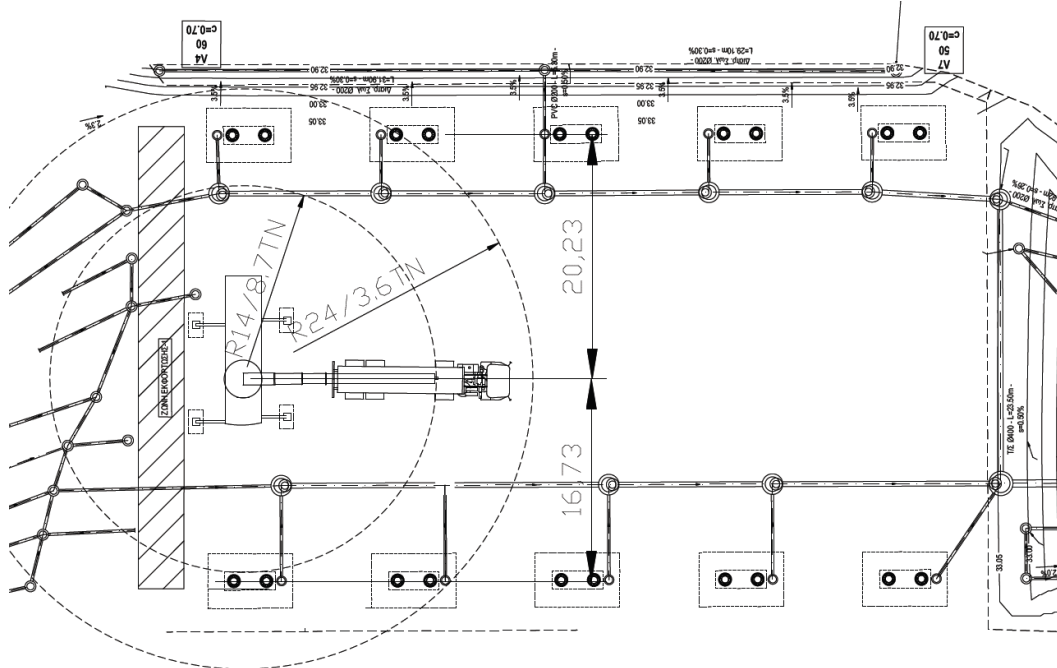
- Ναυτικά κλειδιά ανυψωτικής ικανότητας 6,5 t.
- Διαμορφωμένες θέσεις ανάρτησης στα κύρια στοιχεία, για αξονική φόρτιση του εξοπλισμού.

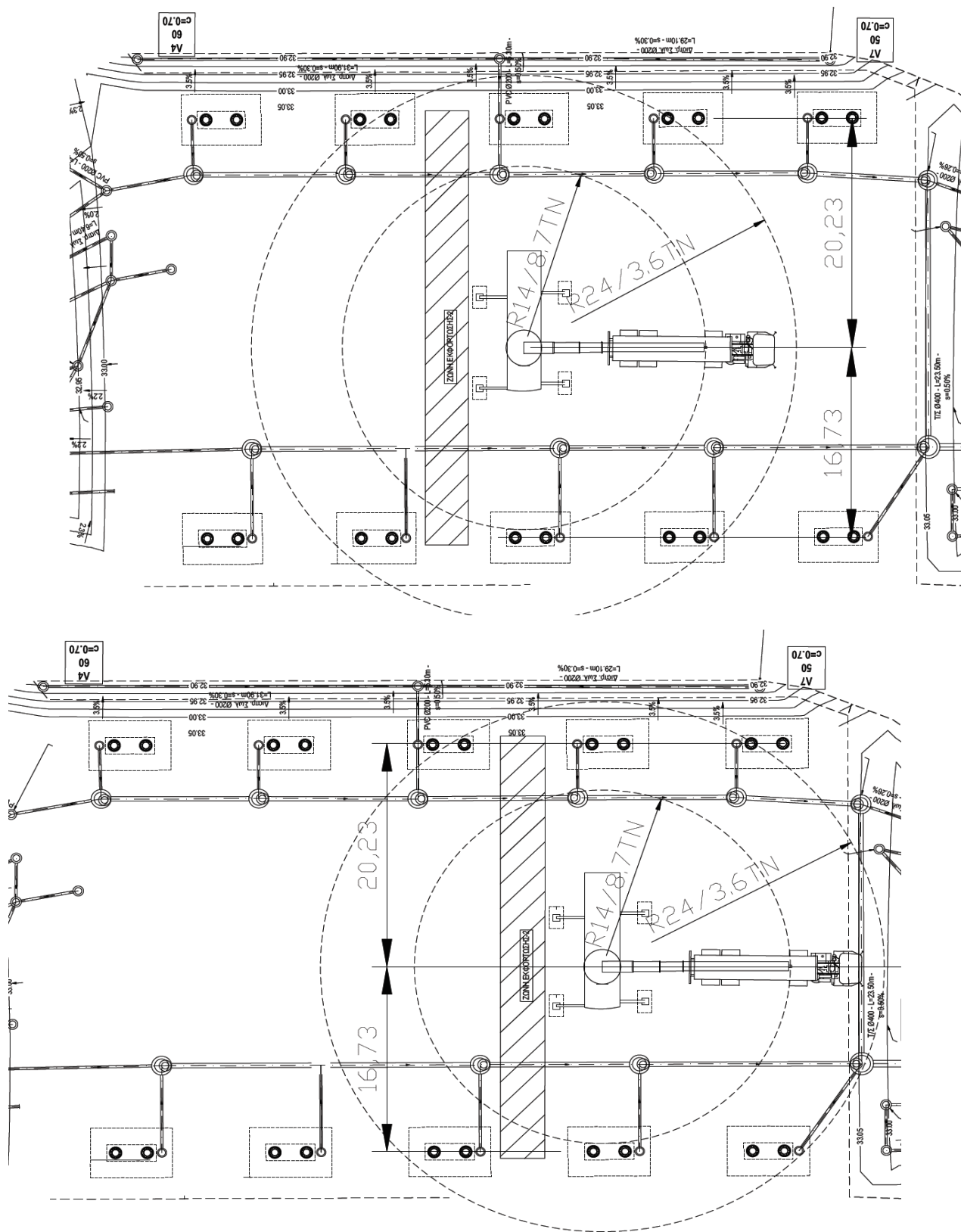
Την εκφόρτωση επέβλεπε εξουσιοδοτημένος συντονιστής εδάφους, και την εκτελούσε ο χειριστής γερανού με τρία άτομα προσωπικού εδάφους. Η μεταφορά πραγματοποιούνταν τμηματικά ανά ζευκτό, αφού ολοκληρωνόταν η επί εδάφους συναρμολόγηση του προηγούμενου φορέα. Η εκφόρτωση γινόταν πλησίον των θέσεων συναρμολόγησης (ζώνη εκφόρτωσης), όπου είχε τοποθετηθεί η βοηθητική στήριξη.

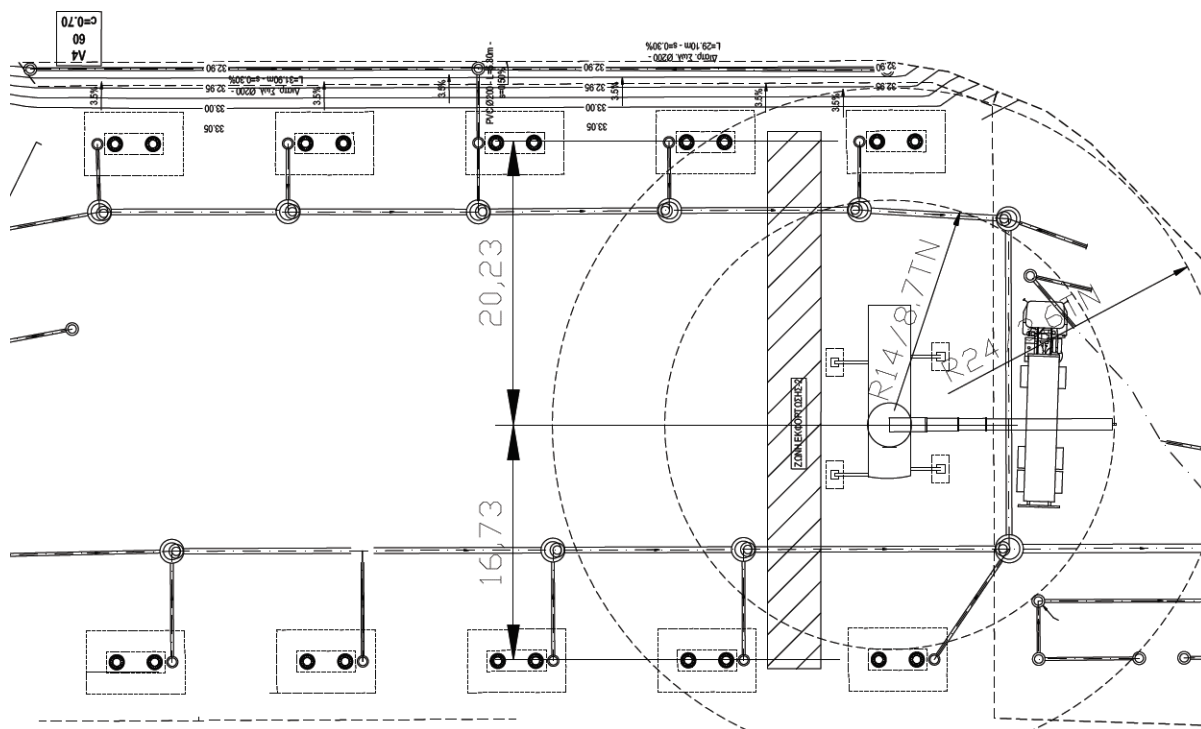


ΑΝΥΨΩΣΗ ΣΩΛΗΝΩΤΩΝ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

**ΘΕΣΕΙΣ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ
ΣΩΛΗΝΩΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**







Η μεταφορά των προς συναρμολόγηση μελών στο έργο θα γίνεται τμηματικά, ανά ζευκτό, και αφού ολοκληρωθεί η «επι εδάφους» συναρμολόγηση του προηγούμενου φορέα.

Εργασίες Συναρμολόγησης Δαπέδου Τριεδρικού Φορέα

Λόγω περιορισμένου εύρους του εργοταξιακού χώρου, η συναρμολόγηση κάθε τριεδρικού ζευκτού θα πραγματοποιηθεί σε δύο διακριτά τμήματα. Το πρώτο τμήμα αποτελείται από δεκαπέντε μέλη και το δεύτερο από τρία μέλη.

Για την συναρμολόγηση των ζευκτών στο έδαφος θα χρησιμοποιηθεί βοηθητική διάταξη στήριξης που εξασφαλίζει την διαμόρφωση του απαιτούμενου αντιβέλους.

Ολες οι συνδέσεις υλοποιούνται με κοχλίες.

Συναρμολόγηση Δαπέδου Του Δικτυωματος

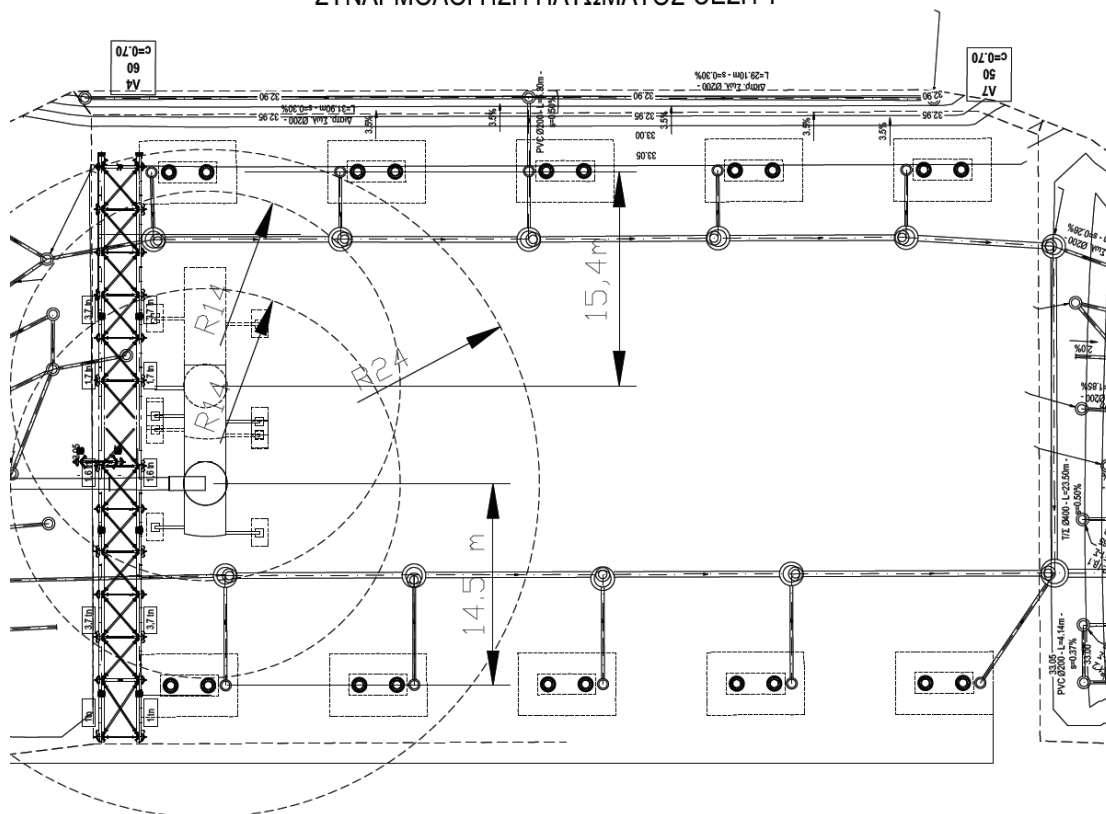
Σε πρώτο στάδιο θα πραγματοποιηθεί η συναρμολόγηση του δαπέδου του δικτυώματος, το οποίο αποτελείται από δέκα τεμάχια κύριων σωληνωτών φορέων (

πέντε ανά πλευρά) και των δευτερευόντων στοιχείων που τα συνδέουν. Τα αναλυτικά βάρη των τεμαχίων και οι θέσεις του γερανού που θα χρησιμοποιηθεί φαίνονται στον πίνακα μελών που παρατείνεται στο τέλος του παρόντος και στην κάτοψη δαπέδου. Ο γερανός που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι ο ίδιος που χρησιμοποιήθηκε στην φάση της εκφόρτωσης. Η συναρμολόγηση θα ξεκινήσει από την θέση 1 και θα ολοκληρωθεί στην θέση 5 ενώ παράλληλα με τα κύρια στοιχεία θα τοποθετούνται και τα δευτερόντα που τα συνδέουν και απαρτίζουν το πάτωμα της κατασκευής.

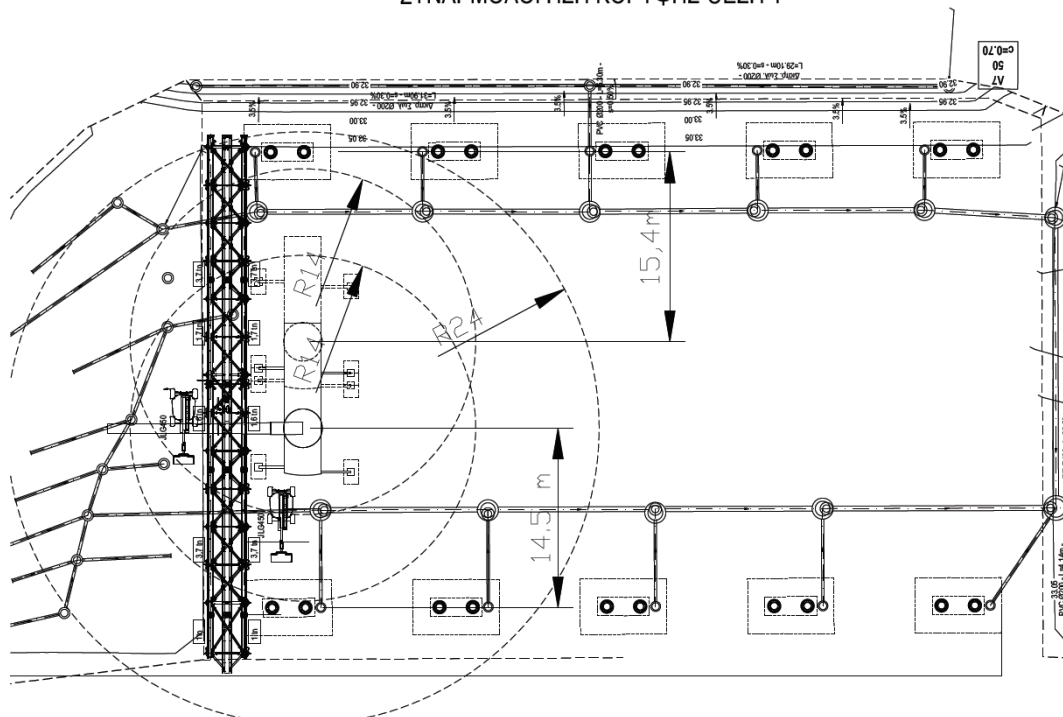
Για την εργασία αυτή θα απασχοληθούν ένας συντονιστής, ο χειριστής του γερανού , και έως έξι άτομα προσωπικό εδάφους.

Με την ολοκλήρωση της συναρμολόγησης του δαπέδου της κατασκευής θα ακολουθήσει η τοποθέτηση των δευτερευόντων στοιχείων που θα ενώσουν το δάπεδο με την κορυφή του τριεδρικού φορέα.

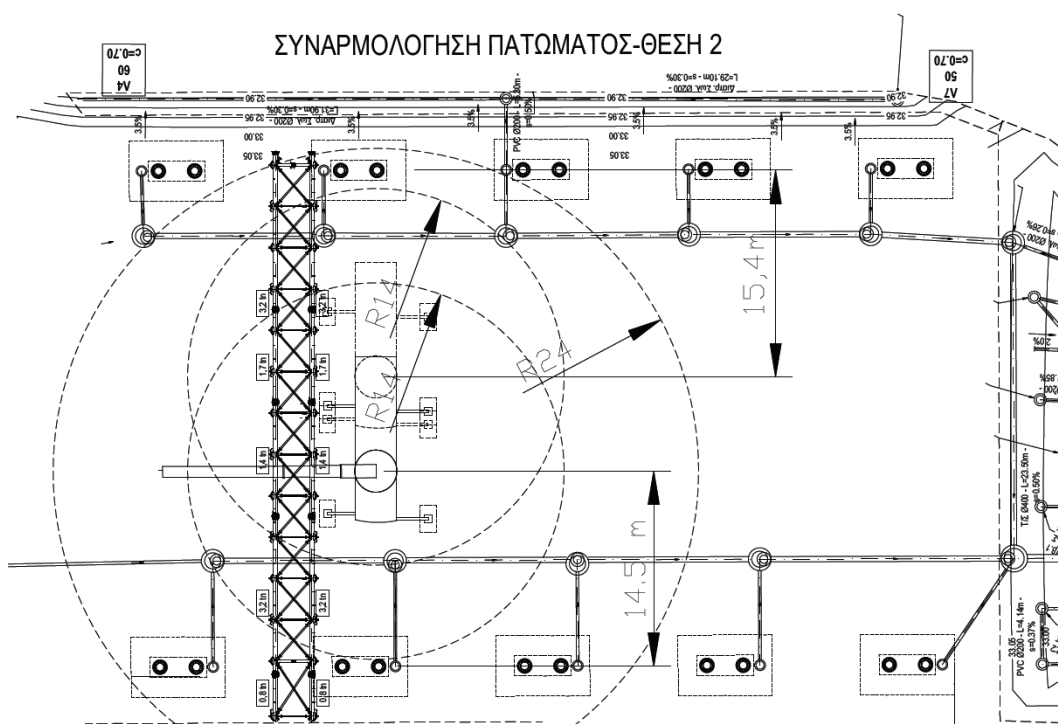
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ-ΘΕΣΗ 1



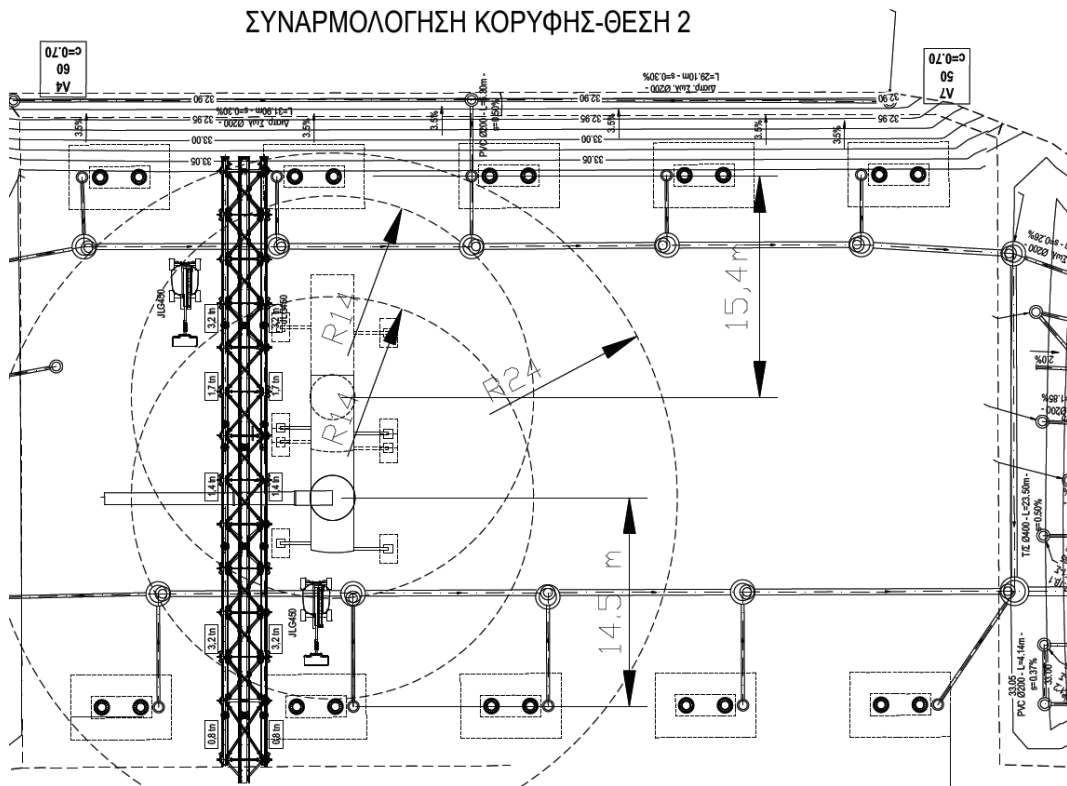
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ-ΘΕΣΗ 1



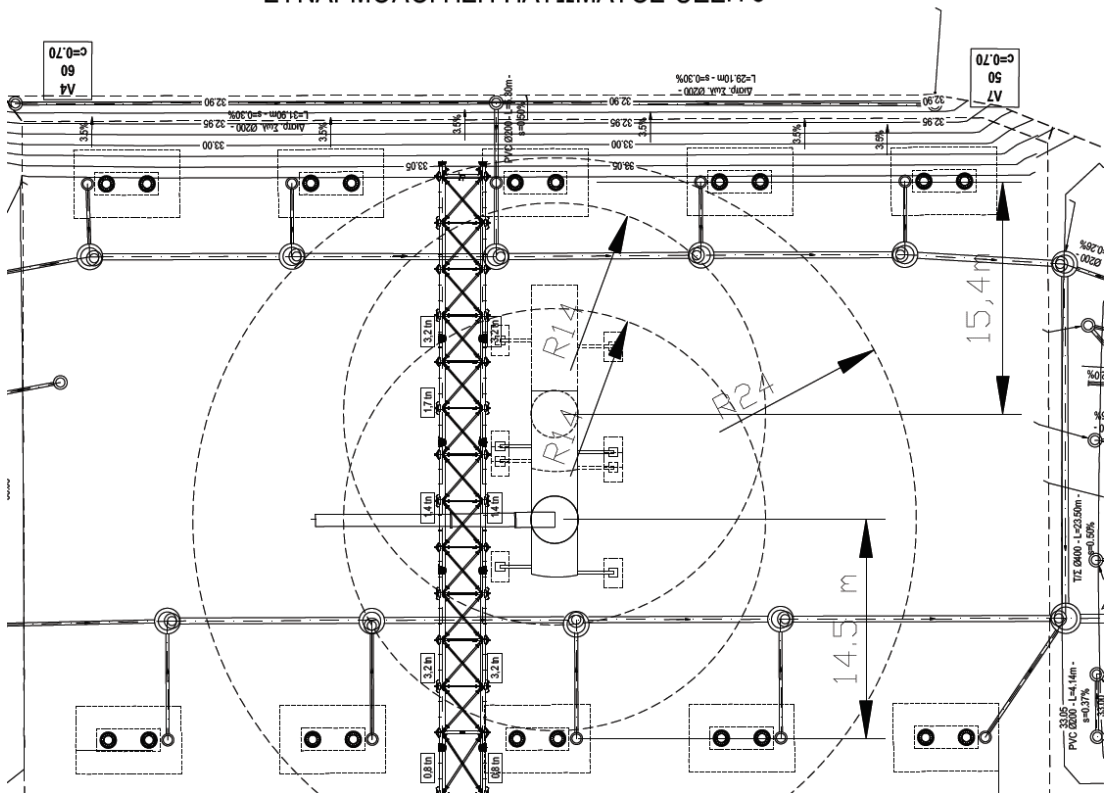
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ-ΘΕΣΗ 2



ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ-ΘΕΣΗ 2



ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ-ΘΕΣΗ 3



ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ-ΘΕΣΗ 3

14.5 m

15.4 m

33.05

33.00

32.95

32.90

32.85

32.80

32.75

32.70

32.65

32.60

32.55

32.50

32.45

32.40

32.35

32.30

32.25

32.20

32.15

32.10

32.05

32.00

31.95

31.90

31.85

31.80

31.75

31.70

31.65

31.60

31.55

31.50

31.45

31.40

31.35

31.30

31.25

31.20

31.15

31.10

31.05

31.00

30.95

30.90

30.85

30.80

30.75

30.70

30.65

30.60

30.55

30.50

30.45

30.40

30.35

30.30

30.25

30.20

30.15

30.10

30.05

30.00

29.95

29.90

29.85

29.80

29.75

29.70

29.65

29.60

29.55

29.50

29.45

29.40

29.35

29.30

29.25

29.20

29.15

29.10

29.05

29.00

28.95

28.90

28.85

28.80

28.75

28.70

28.65

28.60

28.55

28.50

28.45

28.40

28.35

28.30

28.25

28.20

28.15

28.10

28.05

28.00

27.95

27.90

27.85

27.80

27.75

27.70

27.65

27.60

27.55

27.50

27.45

27.40

27.35

27.30

27.25

27.20

27.15

27.10

27.05

27.00

26.95

26.90

26.85

26.80

26.75

26.70

26.65

26.60

26.55

26.50

26.45

26.40

26.35

26.30

26.25

26.20

26.15

26.10

26.05

26.00

25.95

25.90

25.85

25.80

25.75

25.70

25.65

25.60

25.55

25.50

25.45

25.40

25.35

25.30

25.25

25.20

25.15

25.10

25.05

25.00

24.95

24.90

24.85

24.80

24.75

24.70

24.65

24.60

24.55

24.50

24.45

24.40

24.35

24.30

24.25

24.20

24.15

24.10

24.05

24.00

23.95

23.90

23.85

23.80

23.75

23.70

23.65

23.60

23.55

23.50

23.45

23.40

23.35

23.30

23.25

23.20

23.15

23.10

23.05

23.00

22.95

22.90

22.85

22.80

22.75

22.70

22.65

22.60

22.55

22.50

22.45

22.40

22.35

22.30

22.25

22.20

22.15

22.10

22.05

22.00

21.95

21.90

21.85

21.80

21.75

21.70

21.65

21.60

21.55

21.50

21.45

21.40

21.35

21.30

21.25

21.20

21.15

21.10

21.05

21.00

20.95

20.90

20.85

20.80

20.75

20.70

20.65

20.60

20.55

20.50

20.45

20.40

20.35

20.30

20.25

20.20

20.15

20.10

20.05

20.00

19.95

19.90

19.85

19.80

19.75

19.70

19.65

19.60

19.55

19.50

19.45

19.40

19.35

19.30

19.25

19.20

19.15

19.10

19.05

19.00

18.95

18.90

18.85

18.80

18.75

18.70

18.65

18.60

18.55

18.50

18.45

18.40

18.35

18.30

18.25

18.20

18.15

18.10

18.05

18.00

17.95

17.90

17.85

17.80

17.75

17.70

17.65

17.60

17.55

17.50

17.45

17.40

17.35

17.30

17.25

17.20

17.15

17.10

17.05

17.00

16.95

16.90

16.85

16.80

16.75

16.70

16.65

16.60

16.55

16.50

16.45

16.40

16.35

16.30

16.25

16.20

16.15

16.10

16.05

16.00

15.95

15.90

15.85

15.80

15.75

15.70

15.65

15.60

15.55

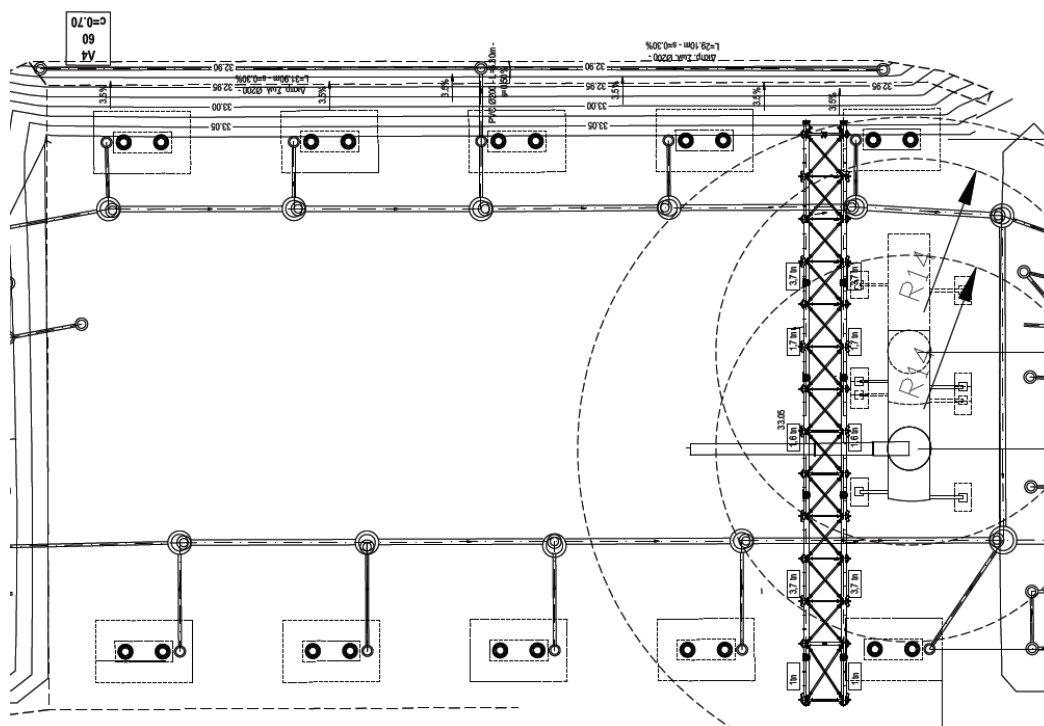
15.50

15.45

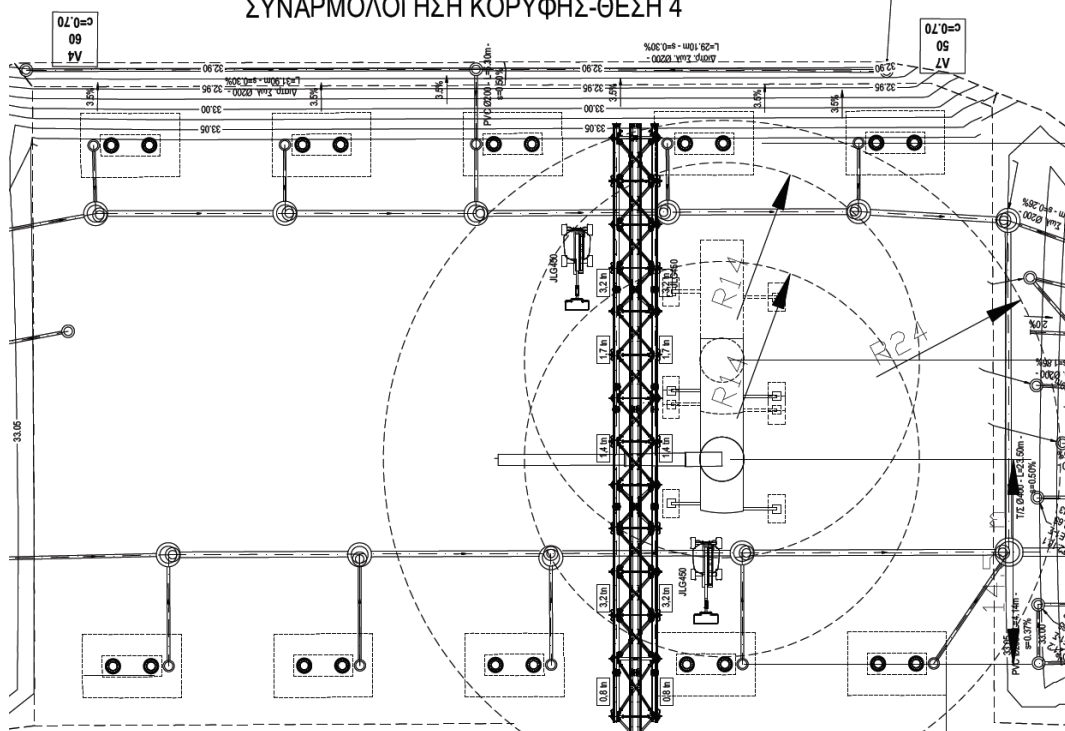
15.40</

Technical drawing of a building floor plan, showing structural elements, columns, and beams. The drawing includes dimensions, section markers (A4, A7, 50, 51), and labels for structural components like 'R14' and 'R24'. The drawing is oriented with a north arrow pointing towards the top right.

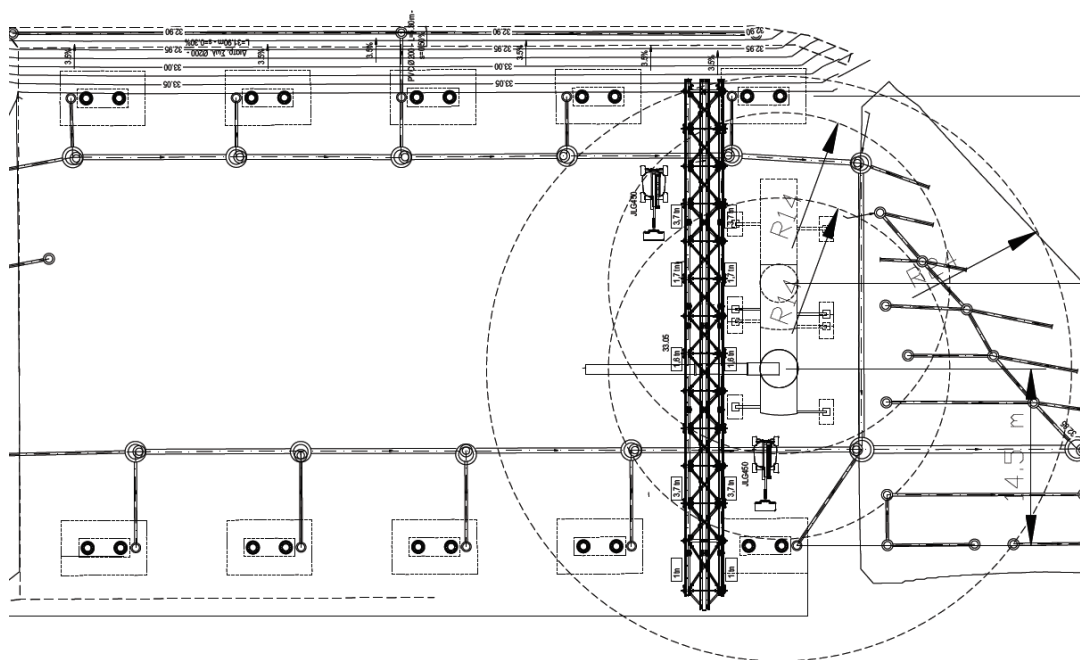
ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ-ΘΕΣΗ 5



ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ-ΘΕΣΗ 4



ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ-ΘΕΣΗ 5



Εργασίες Συναρμολόγησης Κορυφής Τριεδρικού Φορέα

Η κορυφή του φορέα του 1^{ου} τμήματος αποτελείται από πέντε σωληνωτά κύρια στοιχεία ενώ του 2^{ου} από ένα. Το βάρος του κάθε στοιχείου αναλυτικά απεικονίζεται στον πίνακα μελών και τις κατόψεις με τις φάσεις συναρμολόγησης. Η ανύψωση των τεμαχίων αυτών θα γίνει με τον ίδιο γερανό που χρησιμοποιήθηκε στις προηγούμενες φάσεις. Στην παρούσα φάση θα γίνει και χρήση δύο καλαθοφόρων ανυψωτικών μέσων για την εργασία τοποθέτησης σε ύψος. Κατά την διαδικασία αυτή θα συμμετέχουν ένας συντονιστής , ένας χειριστής γερανού , δύο χειριστές καλαθοφόρων , και τέσσερα άτομα εδάφους. Ομοια διαδικασία θα ακολουθηθεί για την συναρμολόγηση του 2^{ου} τμήματος του κάθε ζευκτού , που αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία δαπέδου και ένα κορυφής.

Με την ολοκλήρωση της συναρμολόγησης θα πραγματοποιηθεί η σύσφιξη των κοχλιών με εργαλεία μπαταρίας και ρεύματος. Ο έλεγχος των κοχλιών θα γίνει με πιστοποιημένο ροτόκλειδο.

7.2.2. Έλεγχοι Υγείας Και Ασφαλείας Πριν Και Κατά Τη Διάρκεια Των Εργασιών

Πριν και κατά τη διάρκεια κάθε εργασίας, εφαρμόζεται δομημένο σύστημα ελέγχων. Οι κύριες πηγές κινδύνου που αναγνωρίστηκαν κατά τη μεθοδολογία ανέγερσης είναι οι εξής:

- Κίνηση οχημάτων και τροχαίο ατύχημα εντός εργοταξίου.
- Ολίσθηση / πτώση στο έδαφος ή από ύψος.
- Ηλεκτροπληξία ή εγκαύματα από ηλεκτρικά εργαλεία / παρακείμενες εγκαταστάσεις.
- Τραυματισμός από εργαλεία χειρός ή ηλεκτρικά εργαλεία.
- Μυοσκελετική καταπόνηση από χειρωνακτική διακίνηση φορτίων.
- Αστοχία διαδικασίας ανύψωσης / πτώση φορτίου.
- Ανατροπή ή κατάρρευση μηχανήματος έργου (γερανού / εργοεξέδρας).
- Πτώση εργαζομένου ή υλικών από εργοεξέδρα.

Γενικοί κανόνες για μηχανήματα έργου

Για κάθε μηχανήμα έργου (Μ.Ε.) που χρησιμοποιήθηκε στο εργοτάξιο ισχύουν οι ακόλουθοι κανόνες:

- Ο χειρισμός γίνεται μόνο από αδειούχους χειριστές με τα αντίστοιχα διπλώματα ομάδας και κατηγορίας.
- Η φυσική κατάσταση και υγεία των χειριστών πρέπει να είναι καλή. Σε αντίθετη περίπτωση, απαγορεύεται η άδεια εργασίας για όσο χρόνο απαιτείται.
- Καθημερινά πριν την έναρξη, οι χειριστές ελέγχουν τη λειτουργία και ασφάλεια του μηχανήματός τους.
- Τα μηχανήματα φέρουν όλα τα εξαρτήματα ασφαλείας (φώτα, υαλοκαθαριστήρες, ηχητικά οπισθοπορείας κλπ.) και εφοδιάζονται με πυροσβεστήρα ξηράς κόνεως 6 kg.
- Απαγορεύεται η επισκευή εξοπλισμού εντός ζώνης διακίνησης / ανύψωσης υλικών. Οι συντηρήσεις γίνονται σε προκαθορισμένους χώρους, από εξουσιοδοτημένο προσωπικό.
- Απαγορεύεται ο ανεφοδιασμός με καύσιμα σε θέση λειτουργίας. Ανεφοδιασμός μόνο σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο.

- Απαγορεύονται τροποποιήσεις, υπερφορτώσεις ή ευρεσιτεχνίες στον εξοπλισμό.
- Η στάθμευση μετά την εργασία γίνεται σε συγκεκριμένο χώρο.

Επιπλέον μέτρα για φορτηγά μεταφοράς εξοπλισμού

- Μέγιστη ταχύτητα εντός εργοταξίου: 10 km/h. Απαγορεύεται υπερφόρτωση.
- Πριν την εκκίνηση, ελέγχεται ότι δεν βρίσκονται άτομα ή αντικείμενα πλησίον του οχήματος.
- Κατά τη φόρτωση ή στάση, ασφαρίζονται με χειρόφρενο και τάκους εάν απαιτείται.
- Τα ελαστικά πρέπει πάντοτε να είναι σε καλή κατάσταση.
- Για ασφαλή κατεύθυνση και στάθμευση εντός εργοταξίου, απασχολείται βοηθός οπισθοπορείας ή εργοδηγός.

Ειδικοί έλεγχοι για ανυψωτικές εργασίες

- Πριν την έναρξη, ο χειριστής ελέγχει γερανό και εξαρτήματα ανύψωσης παρουσία του εργοδηγού του συνεργείου.
- Καμία ανύψωση δεν ξεκινά αν η προβλεπόμενη διάρκεια υπερβαίνει τον ασφαλή χρόνο ολοκλήρωσης.
- Ελέγχεται πάντοτε η ύπαρξη εναέριων καλωδίων ή δικτύων ενέργειας στην περιοχή.
- Ορίζεται υπεύθυνος ανύψωσης (λεβαδόρος), βοηθοί και αντικαταστάτες.
- Όλες οι διατάξεις ασφαλείας ελέγχονται στην αρχή κάθε βάρδιας.
- Το έδαφος έδρασης γερανών ελέγχεται καθημερινά. Τα ποδαρικά τοποθετούνται σε πλάκες έδρασης επί συμπυκνωμένου εδάφους, για αποτροπή καθίζησης.
- Η καθοδήγηση ανυψωμένων φορτίων γίνεται αποκλειστικά με σχοινιά.
- **Κανείς εργαζόμενος δεν διέρχεται ή στέκεται κάτω από ανυψωμένο φορτίο.**
- Σε άνεμο $> 12 \text{ m/s}$ ή σε καταιγίδα / κεραυνική δραστηριότητα, οι εργασίες διακόπτονται και οι ανυψωτικές διατάξεις επιστρέφουν στο κατώτατο σημείο.
- Μετά το πέρας εργασιών ή σε εργασίες συντήρησης / λίπανσης, όλες οι ανυψωτικές διατάξεις τίθενται εκτός λειτουργίας και απομονώνονται.

Απαγορευμένες ενέργειες σύμφωνα με τη νομοθεσία:

- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ** η ελεύθερη αιώρηση φορτίου.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ** η υπερφόρτωση του ανυψωτικού μηχανισμού.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ** η πλάγια μεταφορά φορτίου.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ** η απότομη ανύψωση ή κατέβασμα.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ** η διακίνηση φορτίων πάνω από εργαζομένους.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ** η παραμονή προσωπικού κάτω από φορτία που μετακινούνται.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ** η χρήση ανυψωτικών σε θυελλώδεις ανέμους.

Έλεγχοι για ανυψούμενες εργοεξέδρες (MEWP)

- Οι εργοεξέδρες φέρουν όλα τα προβλεπόμενα συστήματα ασφαλείας: χειριστήριο, κουμπί emergency, κουμπί καταβίβασης από το έδαφος, προφυλακτήρες, reverse alarm, σήματα ασφαλείας και οδηγίες χρήσης. Ελέγχονται καθημερινά.
- Αντίστοιχος έλεγχος γίνεται και στα στοιχεία καλαθιού (κολώνες, κουπαστές) για τυχόν στρεβλώσεις, χτυπήματα, δυσλειτουργία θύρας.
- Η κίνηση και έδραση γίνεται σε σταθερό, επίπεδο και συμπτυκνωμένο έδαφος. Ο διάδρομος κίνησης πρέπει να είναι καθαρός από εμπόδια.
- Απαγορεύεται η μετατόπιση εργοεξέδρας με εργαζομένους εντός της, εκτός αν βρίσκεται στο κατώτατο σημείο.
- Εντός καλαθιού, οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούν πάντοτε ζώνη πρόσδεσης και αναδέτη με αποσβεστήρα ενέργειας. Σε εναλλαγή σημείων αγκύρωσης, χρησιμοποιείται διπλός αναδέτης. Αγκύρωση σε κολώνα καλαθιού (όχι κουπαστή ή ενδιάμεση μπάρα).
- Απαγορεύεται η ανύψωση φορτίων από εργοεξέδρες. Επιτρέπεται μόνο ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός υλικών για την εκτέλεση της εργασίας.
- Απαγορεύεται η ανάρτηση φορτίων από το πλάι (κίνδυνος μεταβολής κέντρου βάρους και απώλειας ισορροπίας).
- Εργαζόμενοι δεν κατεβαίνουν από καλάθι σε ύψος. Ζητούν κατέβασμα μέσω ασύρματης επικοινωνίας.
- Σε περίπτωση τραυματισμού αναρτημένου εργαζομένου (ζώνη 5 σημείων), η μεταφορά σε ασφαλές σημείο πρέπει να γίνει άμεσα για αποτροπή τραύματος ανάρτησης. Εργοεξέδρα πρέπει να είναι πάντα διαθέσιμη για τον σκοπό αυτό.

- Μετά τη χρήση, οι εργοεξέδρες επαναφέρονται στο κατώτατο σημείο τους.

Προφυλάξεις για εργασίες σε ύψος

- Πριν κάθε εργασία, κάθε χρήστης ελέγχει αυστηρά τον ατομικό εξοπλισμό: ζώνες και ιμάντες για σχισίματα, κοψίματα, φθορές· γάντζους για χτυπήματα και στρεβλώσεις. Γάντζοι που δεν ασφαλίζουν σωστά απομακρύνονται αμέσως.
- Ο εξοπλισμός αποθηκεύεται προστατευμένος από καιρικές συνθήκες και μακριά από καύσιμα ή χημικές ουσίες.
- Σε περίπτωση πτώσης ή άλλου συμβάντος, ο εξοπλισμός επανελέγχεται από εξουσιοδοτημένο άτομο. Σε περίπτωση φθορών, αντικαθίσταται άμεσα.
- Απαγορεύεται η χρήση αποσβεστήρα που έχει αναπτυχθεί, έστω και μερικώς.
- Απαγορεύεται το «πνίξιμο» ιμάντα πρόσδεσης τοποθετώντας γάντζο στον αναδέτη.
- Απαγορεύεται ανύψωση εργοεξέδρας αν οι εργαζόμενοι εντός καλαθιού δεν είναι πλήρως προσδεμένοι.
- Απαγορεύεται βάδισμα κατά μήκος τριεδρικών φορέων ή ασυναρμολόγητων τμημάτων. Ιδιαίτερη προσοχή σε βροχή (ολισθηρότητα) ή ισχυρούς ανέμους.
- Απαγορεύεται το σκαρφάλωμα σε κολώνες ή κατασκευές. Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ανυψωτικές πλατφόρμες.
- Φορητές κλίμακες επιτρέπονται μόνο για πρόσβαση (όχι για εργασία), με στερέωση στο κάτω και άνω άκρο (κανόνας 1:4, 75°) και τριπλή επαφή.

7.3 Μεθοδολογία Εγκατάστασης Καλωδίων Ισχύος

Η εγκατάσταση καλωδίων ισχύος τύπου N(A2XH) 500 mm² αποτελεί εξειδικευμένη φάση με ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά. Συνδυάζει χειρωνακτικές και μηχανικές εργασίες σε ελεγχόμενο περιβάλλον, αλλά με αυξημένη επικινδυνότητα λόγω βάρους υλικών, εγκλωβισμού σε φρεάτια και γειτνίασης με ενεργό γραμμή 750 V DC.

7.3.1 Τεχνικές Παράμετροι Εγκατάστασης

Πίνακας 7.2 – Τεχνικές Παράμετροι Εγκατάστασης Καλωδίων

Παράμετρος	Τιμή	Σημασία για Ασφάλεια
Τύπος καλωδίου	N(A2XH) 500 mm ²	Βαρύ καλώδιο, απαιτεί μηχανική έλξη
Βάρος καλωδίου ανά τεμάχιο	έως 521 kg	Αδύνατη χειρωνακτική ανύψωση
Βάρος στροφείου	έως 1.844 kg	Απαιτεί γερανό για εκφόρτωση
Μέγιστη δύναμη έλξης	5.000 N	Υπέρβαση → κίνδυνος θραύσης
Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας ράουλων	≥ 540 mm	Προστασία μόνωσης καλωδίου
Λιπαντικό έλξης	~27 L	Μείωση τριβής, αποφυγή υπέρβασης δύναμης
Βαρούλκο έλξης	Υδραυλικό, 3 t, με auto-stop	Αυτόματη παύση σε υπέρβαση ορίου
Τάση εναέριας γραμμής	750 V DC	Υψηλός κίνδυνος ηλεκτροπληξίας

7.3.2 Φάσεις Εγκατάστασης Καλωδίων

Φάση 1: Παραλαβή και εκφόρτωση στροφείων

Τα στροφεία καλωδίων παραλαμβάνονται και εκφορτώνονται χρησιμοποιώντας τηλεσκοπικό γερανό με συντελεστή ασφαλείας 2. Πριν την εκφόρτωση ελέγχεται η κατάσταση των στροφείων και η ακεραιότητα της συσκευασίας. Οι σφήνες ασφαλείας τοποθετούνται αμέσως μετά την εκφόρτωση για αποτροπή ακούσιας κύλισης.

Φάση 2: Προετοιμασία υποδομών

Πριν την εγκατάσταση, γίνεται πλήρης καθαρισμός και επιθεώρηση φρεατίων και σωληνώσεων. Απομακρύνονται αιχμηρά αντικείμενα που θα μπορούσαν να φθείρουν τη μόνωση. Τοποθετούνται ράουλα με ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας ≥ 540 mm σε κάθε σημείο κατεύθυνσης. Παρατηρητές φρεατίων ορίζονται ανά θέση για συνεχή παρακολούθηση.

Φάση 3: Χειρωνακτική εκτύλιξη

Η εκτύλιξη καλωδίου από το στροφέιο ξεκινά χειρωνακτικά, με έλεγχο της θέσης του στροφέιου στη βάση ή τον άξονα έδρασης. Αποφεύγεται κάθε αιφνίδια φόρτιση, τήρηση ελάχιστης ακτίνας καμπυλότητας και αποφυγή στρεβλώσεων. Το προσωπικό χρησιμοποιεί γάντια υψηλής αντοχής.

Φάση 4: Μηχανική έλξη καλωδίων

Η κύρια φάση εγκατάστασης πραγματοποιείται με υδραυλικό βαρούλκο 3 t, εξοπλισμένο με αυτόματο σύστημα διακοπής (auto-stop) σε υπέρβαση ορίου δύναμης 5.000 N. Η παρακολούθηση της δύναμης έλξης γίνεται συνεχώς μέσω καταγραφικής συσκευής. Εφαρμόζεται λιπαντικό (~27 L) για μείωση τριβών και αποφυγή θραύσης. Ο εργοδηγός έλξης επιβλέπει συνεχώς, με ασύρματη επικοινωνία με παρατηρητές φρεατίων.

Φάση 5: Τελική τοποθέτηση και έλεγχος

Μετά την έλξη, τα καλώδια στερεώνονται σε σχάρες με κατάλληλα δεματικά. Γίνεται προστασία σημείων διέλευσης και καμπής. Ο τελικός έλεγχος περιλαμβάνει μέτρηση αντίστασης μόνωσης (RISO) για κάθε καλώδιο, και τεκμηρίωση αποτελεσμάτων στο πρωτόκολλο παραλαβής.

7.3.3 Διαδικασία LOTO για Ηλεκτρολογικές Εργασίες

Για κάθε εργασία σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις ή πλησίον της εναέριας γραμμής 750 V DC, εφαρμόζεται αυστηρά η διαδικασία Lock-Out / Tag-Out (LOTO). Η LOTO αποτελεί τον υψηλότερο βαθμό ελέγχου στην ιεραρχία, καθώς εξαλείφει την πηγή κινδύνου.

Η διαδικασία LOTO περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- **Βήμα 1 – Αναγνώριση:** αναγνώριση και καταγραφή όλων των πηγών ενέργειας (ηλεκτρική γραμμή 750 V DC, βοηθητικές πηγές).
- **Βήμα 2 – Ειδοποίηση:** ενημέρωση όλου του εμπλεκόμενου προσωπικού για την επικείμενη απομόνωση.
- **Βήμα 3 – Απομόνωση:** πλήρης διακοπή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στη γραμμή.
- **Βήμα 4 – Κλείδωμα (Lockout):** τοποθέτηση μηχανικού μέσου ασφάλισης (λουκέτο) από κάθε εμπλεκόμενο άτομο. Κανείς δεν μπορεί να επαναφέρει τάση χωρίς τη συναίνεση όλων.
- **Βήμα 5 – Σήμανση (Tagout):** τοποθέτηση σήμανσης με στοιχεία υπεύθυνου, ημερομηνία/ώρα, λόγο απομόνωσης.

- **Βήμα 6 – Επαλήθευση:** επιβεβαίωση απουσίας τάσης με πιστοποιημένο μετρητικό όργανο.
- **Βήμα 7 – Εκτέλεση εργασίας:** εκτέλεση αποκλειστικά υπό ελεγχόμενες και πλήρως απομονωμένες συνθήκες.
- **Βήμα 8 – Αποκατάσταση:** μετά την ολοκλήρωση, αφαίρεση λουκέτων και σήμανσης με αντίστροφη σειρά, και επαλήθευση ακεραιότητας εγκατάστασης πριν την επαναφορά τάσης.

Η εφαρμογή LOTO στο συγκεκριμένο έργο οδήγησε σε δραματική μείωση επικινδυνότητας: από $R_0 = 16$ (υψηλός, μη αποδεκτός) σε $R_1 = 4$ (χαμηλός, πλήρως αποδεκτός). Αυτό αποτελεί την ισχυρότερη απόδειξη αποτελεσματικότητας των μέτρων εξάλειψης.

7.4 Εφαρμογή Μεθοδολογίας Risk Assessment

Για κάθε επιμέρους δραστηριότητα του έργου εφαρμόστηκε δομημένη και επαναλαμβανόμενη διαδικασία εκτίμησης κινδύνου, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 5. Η διαδικασία αυτή αποτέλεσε εργαλείο συνεχούς ελέγχου και βελτίωσης, εφαρμοζόμενο δυναμικά καθ' όλη τη διάρκεια του έργου.

7.4.1 Κριτήριο Αποδοχής και Μήτρα Επικινδυνότητας

Η αξιολόγηση βασίστηκε στη μήτρα επικινδυνότητας 5×5 (Πιθανότητα × Σοβαρότητα) με το ακόλουθο κριτήριο αποδοχής:

Πίνακας 7.3 – Διαβάθμιση Επικινδυνότητας

Αξιολόγηση	Επικινδυνότητα	Κατάταξη (R)
Αποδεκτό επίπεδο. Δεν απαιτούνται επιπλέον μέτρα.	Χαμηλή	1–3
Μη αποδεκτό. Απαιτούνται μέτρα ελέγχου. Εργασίες μόνο με εφαρμογή μέτρων.	Μεσαία	4–9
Μη αποδεκτό. Άμεση διακοπή εργασιών.	Υψηλή	10–25

Πίνακας 7.4 – Μήτρα Επικινδυνότητας 5×5

Πιθανότητα Σοβαρότητα \	Ασήμαντη (1)	Μικρή (2)	Μέτρια (3)	Σημαντική (4)	Σοβαρή (5)
Πολύ Μικρή (1)	1	2	3	4	5
Μικρή (2)	2	4	6	8	10
Μέτρια (3)	3	6	9	12	15
Μεγάλη (4)	4	8	12	16	20
Πολύ Μεγάλη (5)	5	10	15	20	25

Βάσει της μήτρας, κριτήριο αποδοχής ορίστηκε το $R_1 \leq 9$. Καμία δραστηριότητα δεν εκτελέστηκε με $R_1 > 9$.

7.4.2 Διαδικασία $R_0 \rightarrow R_1$ ανά Δραστηριότητα

Βήμα 1 – Αναγνώριση εργασιών ανά φάση: καταγραφή και χαρτογράφηση όλων των δραστηριοτήτων, από τη συναρμολόγηση στο έδαφος έως τις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις.

Βήμα 2 – Αναγνώριση κινδύνων: για κάθε δραστηριότητα, αναγνωρίστηκαν οι κύριοι κίνδυνοι με χρήση Job Safety Analysis (JSA).

Βήμα 3 – Αρχική εκτίμηση (R_0): ποσοτικοποίηση κινδύνου πριν την εφαρμογή μέτρων, μέσω της μήτρας 5×5.

Βήμα 4 – Επιλογή μέτρων: επιλογή σύμφωνα με ιεραρχία: Εξάλειψη → Αντικατάσταση → Τεχνικά → Οργανωτικά → ΜΑΠ.

Βήμα 5 – Επανεκτίμηση (R_1): νέα ποσοτικοποίηση μετά τα μέτρα. Εάν $R_1 > 9$, επαναλαμβάνεται ο κύκλος με πρόσθετα μέτρα.

Βήμα 6 – Τεκμηρίωση: καταγραφή σε Method Statement / Lifting Plan και υπογραφή από υπεύθυνο ασφαλείας και εργοδηγό.

7.4.3 Ειδική Ανάλυση: Ανυψώσεις Τριεδρικών Φορέων

Οι ανυψώσεις τριεδρικών φορέων αποτέλεσαν τη δραστηριότητα με τη μεγαλύτερη αρχική επικινδυνότητα ($R_0 = 16$), λόγω συνδυασμού:

- Μεγάλων φορτίων (26,7 t για το 1ο τμήμα, 15,7 t για το 2ο).
- Dual lifting – απαίτηση συγχρονισμένης δράσης δύο γερανών.

- Ευαισθησίας στις καιρικές συνθήκες (άνεμος, βροχή).
- Ανάγκης ακρίβειας τοποθέτησης επί υποστυλωμάτων.
- Κινδύνου ταλάντωσης φορτίου κατά την ανύψωση.

Η μείωση $R_0 = 16 \rightarrow R_1 = 9$ επιτεύχθηκε με:

- **Ειδικό Lifting Plan** για dual lifting, με καθορισμό ελάχιστης ανυψωτικής ικανότητας γερανών ανά θέση.
- **Σύστημα ασύρματης επικοινωνίας** μεταξύ λεβαδόρου, χειριστών γερανών και προσωπικού εδάφους.
- **Πλήρη αποκλεισμό ζώνης** (swing radius + overhead zone) με φυσικά εμπόδια και σήμανση.
- **Παρακολούθηση ανέμου** με φορητό ανεμόμετρο. Αυτόματη διακοπή σε > 12 m/s.
- **Έλεγχος εδάφους** για ισχύ και ομαλότητα, πριν κάθε θέση γερανού.

7.4.4 Ειδική Ανάλυση: Εγκατάσταση Καλωδίων

Η φάση εγκατάστασης καλωδίων παρουσίασε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κινδύνου:

- **$R_0 = 16$ για μηχανική έλξη:** κίνδυνος θραύσης καλωδίου, ανάκρουσης συρματόσχοινου, τραυματισμού εγγύς προσωπικού.
- **$R_0 = 12$ για εργασίες σε φρεάτια:** κίνδυνος εγκλωβισμού, έλλειψη οξυγόνου, δυσκολία εκκένωσης.
- **$R_0 = 16$ για ηλεκτρολογικές εργασίες:** κίνδυνος ηλεκτροπληξίας από γραμμή 750 V DC.

Η μείωση επιτεύχθηκε μέσω:

- Υδραυλικό βαρούλκο με auto-stop σε υπέρβαση 5.000 N.
- Ράουλα καμπυλότητας ≥ 540 mm σε κάθε σημείο αλλαγής κατεύθυνσης.
- Εφαρμογή λιπαντικού για μείωση τριβής και δύναμης έλξης.
- Παρατηρητές σε κάθε φρεάτιο, με ασύρματη επικοινωνία.
- LOTO σε όλες τις ηλεκτρολογικές εργασίες.

7.4.5 Ανθρώπινοι και Οργανωτικοί Παράγοντες

Πέρα από τους τεχνικούς κινδύνους, η εκτίμηση κινδύνου ενσωμάτωσε και ανθρώπινους παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την πιθανότητα ατυχήματος:

Πίνακας 7.5 – Ανθρώπινοι Παράγοντες και Μέτρα Αντιμετώπισης

Ανθρώπινος Παράγοντας	Περιγραφή	Μέτρο Αντιμετώπισης	Αποτέλεσμα
Κόπωση	Μειωμένη προσοχή λόγω έντασης / διάρκειας	Ρύθμιση ωραρίων, διαλείμματα, εναλλαγή προσωπικού	Μείωση P
Απροσεξία	Ιδίως σε επαναλαμβανόμενες εργασίες	Καθημερινά toolbox meetings	Μείωση P
Υπερεμπιστοσύνη	Εξοικείωση → παράλειψη ελέγχων	Επίβλεψη, υπενθύμιση διαδικασιών	Μείωση P
Ανεπαρκής επικοινωνία	Λανθασμένη κατανόηση εντολών	One-command-one-action, ασύρματη επικ.	Μείωση P
Έλλειψη εκπαίδευσης	Αγνωσία κινδύνων	Εκπαίδευση LOTO, ύψος, ανυψώσεις	Μείωση P+S

7.5 Ποσοτική Αξιολόγηση Επικινδυνότητας R_0 – R_1 ανά Φάση Εργασιών

Η παρούσα ενότητα αποτυπώνει αριθμητικά τη μείωση της επικινδυνότητας για κάθε φάση του έργου, επαληθεύοντας ότι το σύνολο των δραστηριοτήτων εκτελέστηκε εντός αποδεκτών ορίων ($R_1 \leq 9$). Η αξιολόγηση βασίστηκε στη μήτρα 5×5 (Πιθανότητα P × Σοβαρότητα S) του Κεφαλαίου 5.

7.5.1 Φάσεις Ανέγερσης Μεταλλικής Κατασκευής

Πίνακας 7.6 – Εκτίμηση Κινδύνου: Φάσεις Ανέγερσης

Φάση Εργασίας	Κύριοι Κίνδυνοι	P ₀	S ₀	R ₀	Κύρια Μέτρα	P ₁	S ₁	R ₁
Εκφόρτωση σωληνωτών στοιχείων	Πτώση φορτίου, εγκλωβισμός	3	4	12	Γερανός S.A.=2, ιμάντες 4t, συντονιστής	2	3	6
Συναρμολόγηση δαπέδου	Πτώση στοιχείων, χειρωνακτική καταπόνηση	3	4	12	Βάσεις στήριξης, shims, έλεγχος διακένων	2	3	6
Συναρμολόγηση κορυφής	Πτώση σε ύψος, αστάθεια στοιχείων	3	4	12	MEWP JLG 450, ζώνες, αποκλεισμός	2	3	6
Ανύψωση εξωτ. φορέα (45,85t)	Πτώση φορτίου, ανατροπή γερανού, άνεμος	4	4	16	Dual lifting, Lifting Plan, spotter, άνεμ. <12m/s	3	3	9
Ανύψωση εσωτ. φορέα (41,75t)	Πτώση φορτίου, ανατροπή γερανού	4	4	16	Dual lifting, Lifting Plan, πλάκες έδρασης	3	3	9
Ανύψωση κύριων ζευκτών	Πτώση φορτίου, ταλάντωση	3	4	12	Lifting Plan, σχοινιά καθοδήγησης, αποκλεισμός	2	3	6
Τοποθέτηση δευτερευόντων	Πτώση εργαλείων/υλικών, ύψος	3	4	12	Toe boards, ζώνες, MEWP, αποκλεισμός κάτω	2	3	6
Τοποθέτηση λαμαρίνας	Πτώση υλικού, ολίσθηση σε ύψος	3	5	15	Κιγκλιδώματα, αντιολισθ. υποδήματα, ζώνες	2	4	8
Σύσφιξη κοχλιών (ύψος)	Πτώση εργαλείου, ύψος	3	4	12	Ζώνες ασφαλείας, MEWP, εξοπλισμός σε θήκες	2	3	6
Κίνηση βαρέων οχημάτων	Τροχαίο ατύχημα, σύγκρουση	3	4	12	10 km/h, βοηθός κατεύθυνσης, διαχωρισμός	2	3	6

7.5.2 Φάσεις Εγκατάστασης Καλωδίων

Πίνακας 7.7 – Εκτίμηση Κινδύνου: Εγκατάσταση Καλωδίων

Φάση	Κύριοι Κίνδυνοι	P ₀	S ₀	R ₀	Κύρια Μέτρα	P ₁	S ₁	R ₁
Εκφόρτωση στροφείων (1.844kg)	Πτώση φορτίου, αστάθεια	3	4	12	Γερανός S.A.=2, σφήνες ασφαλείας, συντονιστής	2	3	6
Καθαρισμός φρεατίων	Εγκλωβισμός, ολίσθηση	3	4	12	Οριοθέτηση, παρατηρητές, ελεγχόμενη είσοδος	2	3	6
Τοποθέτηση ράουλων	Τραυματισμός από βαριά εξαρτήματα	2	4	8	Ορθές πρακτικές, ΜΑΠ	2	3	6
Χειρωνακτική εκτύλιξη	Μυοσκελετική καταπόνηση, τριβή	3	3	9	Έλεγχος θέσης, βάσεις/άξονες, γάντια	2	3	6
Μηχανική έλξη (βαρούλκο)	Θραύση καλωδίου, υπέρβαση δύναμης	4	4	16	Auto-stop 5.000N, ράουλα ≥540mm, λιπαντικό	2	4	8
Παρακολούθηση φρεατίων	Εγκλωβισμός παρατηρητή	3	4	12	Ασύρματη επικοινωνία, οριοθέτηση	2	3	6
Όδευση / στερέωση καλωδίων	Πτώση εργαλείων, φθορά μόνωσης	2	4	8	Δεματικά, έλεγχος σημείων διέλευσης	2	3	6
Ηλεκτρολογικές εργασίες LOTO	Ηλεκτροπληξία 750V DC	4	4	16	LOTO (lock+tag+verify), πιστοπ. μετρητικό	1	4	4
Μέτρηση αντίστασης μόνωσης	Ηλεκτροπληξία κατά δοκιμή	3	4	12	Πιστοπ. εξοπλισμός, μονωτικά γάντια	2	3	6

7.5.3 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Πίνακας 7.8 – Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα R_0 – R_1

Κατηγορία	Αριθμός Δραστηριοτήτων	R_0 (Εύρος)	R_1 (Εύρος)	Μείωση (%)
Φάσεις ανέγερσης	10	12–16	6–9	44% – 63%
Εγκατάσταση καλωδίων	9	8–16	4–8	33% – 75%
Σύνολο	19	8–16	4–9	Μέση: ~52%

Βασικά συμπεράσματα ποσοτικής αξιολόγησης:

- **Καμία δραστηριότητα με $R_1 > 9$:** 100% συμμόρφωση με κριτήριο αποδοχής.
- **Υψηλότερη αρχική επικινδυνότητα ($R_0 = 16$):** ανυψώσεις τριεδρικών φορέων, μηχανική έλξη καλωδίων, ηλεκτρολογικές εργασίες.
- **Μέγιστη μείωση κινδύνου:** LOTO 16 $\rightarrow$ 4 (μείωση 75%), μέσω πλήρους εξάλειψης πηγής κινδύνου.
- **Δεύτερη μεγαλύτερη μείωση:** ανυψώσεις 16 $\rightarrow$ 9 (44%), μέσω Lifting Plan, spotter και ελέγχου ανέμου.
- **Αποτελεσματικότερα επίπεδα ιεραρχίας:** εξάλειψη (LOTO, διακοπή ανέμου) και τεχνικά μέτρα (auto-stop, ράουλα).

7.6 Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ)

Τα ΜΑΠ αποτελούν το τελευταίο επίπεδο της ιεραρχίας ελέγχου και συμπληρώνουν τα τεχνικά και οργανωτικά μέτρα. Στο έργο εφαρμόστηκαν δύο κατηγορίες ΜΑΠ: τα υποχρεωτικά βασικά ΜΑΠ για όλο το προσωπικό και τα επιπλέον εξειδικευμένα ΜΑΠ για εργασία σε ύψος.

Πίνακας 7.9 – Μέσα Ατομικής Προστασίας

ΜΑΠ	Πρότυπο	Εφαρμογή	Σκοπός
Κράνος ασφαλείας	EN 397	Υποχρεωτικό, όλο το προσωπικό	Προστασία κεφαλής από πτώση αντικειμένων
Υποδήματα ασφαλείας S3	EN 20345	Υποχρεωτικό, όλο το προσωπικό	Προστασία ποδιών, αντιολίσθηση
Ρουχισμός υψηλής ορατότητας	EN 471	Υποχρεωτικό, όλο το προσωπικό	Ορατότητα από χειριστές μηχανημάτων
Γάντια ασφαλείας	EN 388	Υποχρεωτικό, όλο το προσωπικό	Προστασία χεριών από κοψίματα, τριβή
Γυαλιά προστασίας	EN 166	Κατά περίπτωση	Προστασία ματιών από σκόνη / θραύσματα
Μάσκα μιας χρήσης	EN 149:2001	Κατά περίπτωση	Προστασία από μη τοξικές σκόνες
Ραδιοασύρματος	—	Χειριστές, λεβαδόροι, εργοδηγοί	Ασφαλής επικοινωνία κατά ανυψώσεις
Ζώνη ασφαλείας 5 σημείων	EN 358, 361	Εργασία σε ύψος	Συγκράτηση σε θέση / αρχή αναστολής
Αναδέτης με αποσβεστήρα	EN 354, 355	Εργασία σε ύψος	Απορρόφηση ενέργειας σε πτώση
Κρίκοι / Άγκιστρα ασφαλείας	EN 362	Εργασία σε ύψος	Σύνδεση ζώνης με σημεία αγκύρωσης
Μονωτικά γάντια	EN 60903	Ηλεκτρολογικές εργασίες	Προστασία ηλεκτροπληξίας

Η σωστή χρήση ΜΑΠ εξαρτάται από την εκπαίδευση, τον τακτικό έλεγχο κατάστασης και την αυστηρή εφαρμογή. Στο πλαίσιο αυτό, καθιερώθηκαν καθημερινές επιθεωρήσεις ΜΑΠ πριν την έναρξη κάθε εργασίας.

7.7 Δείκτες Απόδοσης Ασφάλειας (Safety KPIs)

Η παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος ασφάλειας πραγματοποιήθηκε μέσω ποσοτικών δεικτών απόδοσης (KPIs), οι οποίοι επιτρέπουν αντικειμενική αξιολόγηση και έγκαιρη ανίχνευση αποκλίσεων.

Πίνακας 7.10 – Δείκτες Απόδοσης Ασφάλειας

Δείκτης (KPI)	Στόχος	Επίτευξη	Αξιολόγηση
Ποσοστό εργασιών με $R_1 \leq 9$	100%	100%	✓ Πλήρης επίτευξη
Αριθμός σοβαρών ατυχημάτων	0	0	✓ Μηδενική επίπτωση
Αριθμός καταγεγραμμένων near misses	Συστηματική καταγ.	Συνεχής καταγραφή	✓ Αποτελεσματικό reporting
Συμμόρφωση ΜΑΠ	100%	100%	✓ Πλήρης εφαρμογή
Ολοκλήρωση toolbox meetings	100% ημερών	100% ημερών	✓ Χωρίς παραλείψεις
Εγκεκριμένα Method Statements	Πριν κάθε φάση	100% φάσεων	✓ Πλήρης τεκμηρίωση
Ολοκλήρωση Lifting Plans	Πριν κάθε ανύψωση	100% ανυψώσεων	✓ Μηδενική παράληψη
Εκπαιδευμένο προσωπικό	100% εμπλεκόμενων	100%	✓ Πλήρης κάλυψη

Η συστηματική παρακολούθηση των KPIs επέτρεψε την έγκαιρη αναγνώριση αποκλίσεων και την εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών, σύμφωνα με τις αρχές συνεχούς βελτίωσης του ISO 45001.

7.8 Πρακτικές Παρεμβάσεις κατά την Εκτέλεση

Πέρα από τον εκ των προτέρων σχεδιασμό, η ασφάλεια του έργου επαληθεύτηκε και από πραγματικές παρεμβάσεις που έλαβαν χώρα κατά την εκτέλεση, επιβεβαιώνοντας τη λειτουργικότητα του συστήματος διαχείρισης κινδύνου.

7.8.1 Διακοπή Ανυψώσεων λόγω Ανέμου

Κατά τη διάρκεια των ανυψώσεων τριεδρικών φορέων, καταγράφηκαν περιπτώσεις κατά τις οποίες η ταχύτητα ανέμου ξεπέρασε το όριο των 12 m/s. Σύμφωνα με τη διαδικασία, εργασίες διακόπηκαν άμεσα, οι ανυψωτικές διατάξεις, επεστράφησαν στο κατώτατο σημείο και οι φορείς ασφαλίστηκαν προσωρινά. Η επανέναρξη έγινε μόνο μετά από την σταθεροποίηση των καιρικών συνθηκών και νέο έλεγχο. Αυτή η παρέμβαση, αποδεικνύει ότι η αρχή της dynamic risk assessment εφαρμόστηκε πράγματι στο εργοτάξιο.

7.8.2 Αναστολή Εργασιών λόγω Ολισθηρότητας

Σε φάσεις τοποθέτησης λαμαρίνας μετά από βροχόπτωση, αναστάλθηκαν εργασίες λόγω ολισθηρότητας επιφανειών. Εφαρμόστηκε αποξήρανση επιφανειών και χρήση επιπλέον αντιολισθητικών μέσων πριν την επανέναρξη. Η απόφαση ελήφθη από τον επιβλέποντα μηχανικό ασφαλείας, χωρίς πίεση για επίτευξη χρονοδιαγράμματος.

7.8.3 Διορθωτικές Ενέργειες βάσει Near Miss

Καταγεγραμμένα near miss incidents αναλύθηκαν εντός 24 ωρών από τον συντονιστή ασφαλείας. Σε δύο περιπτώσεις, ανακαλύφθηκε φθορά εξαρτήματος ανύψωσης κατά την επιθεώρηση μετά από near miss και αντικαταστάθηκε αμέσως. Η διαδικασία αυτή αποδεικνύει τη λειτουργία του συστήματος ανατροφοδότησης (feedback loop) ασφαλείας.

7.9 Συμπεράσματα Case Study

Η ανάλυση του Case Study για την κατασκευή του μεταλλικού στεγάστρου TPAM ανέδειξε την καθοριστική σημασία της συστηματικής εφαρμογής μεθοδολογίας διαχείρισης κινδύνου σε έργα υψηλής τεχνικής πολυπλοκότητας. Ο συνδυασμός βαρέων ανυψώσεων, εργασιών σε ύψος, μηχανικής έλξης καλωδίων και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων σε περιβάλλον ενεργής γραμμής 750 V DC δημιούργησε απαιτητικές συνθήκες, οι οποίες αντιμετωπίστηκαν αποτελεσματικά μέσω ολοκληρωμένου συστήματος πρόληψης.

7.9.1 Βασικά Συμπεράσματα

- **Πλήρης επίτευξη κριτηρίου αποδοχής:** το 100% των δραστηριοτήτων (19 συνολικά) εκτελέστηκε με $R_1 \leq 9$, χωρίς εξαίρεση.
- **Αποτελεσματικότητα εξάλειψης:** η LOTO αποτέλεσε το πλέον αποδοτικό μέτρο ($16 \rightarrow 4$, μείωση 75%), επιβεβαιώνοντας την υπεροχή των ανώτερων επιπέδων ιεραρχίας.

- **Dynamic risk assessment:** η αρχή δυναμικής επαναξιολόγησης εφαρμόστηκε πράγματι, με πραγματικές παρεμβάσεις (διακοπές λόγω ανέμου, αναστολές λόγω ολισθηρότητας).
- **Οργανωτική διάσταση:** η σαφής κατανομή ρόλων (λεβαδόρος, spotter, παρατηρητές φρεατίων), η αρχή one-command–one-action και τα toolbox meetings συνέβαλαν καθοριστικά στη μείωση ανθρώπινων λαθών.
- **Λειτουργικότητα τεκμηρίωσης:** τα Method Statements και τα Lifting Plans δεν ήταν τυπικές διαδικασίες αλλά λειτουργικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν πράγματι στο εργοτάξιο.
- **Ασφάλεια χωρίς θυσία παραγωγικότητας:** οι διακοπές λόγω ανέμου και οι αναστολές λόγω ολισθηρότητας δεν αποτελούν απώλεια παραγωγικότητας αλλά επένδυση στην ολοκλήρωση χωρίς ατύχημα.

7.9.2 Συμβολή στην Επιστήμη Ασφάλειας Έργων

Το παρόν Case Study αποτελεί τεκμηριωμένο παράδειγμα εφαρμογής ολοκληρωμένης μεθοδολογίας ασφάλειας σε πραγματικές συνθήκες εργοταξίου μεταλλικής κατασκευής. Συμβάλλει στην επιστήμη ασφάλειας με τρεις τρόπους:

- **Ποσοτική τεκμηρίωση:** η χρήση της μήτρας 5×5 επιτρέπει αντικειμενική σύγκριση κινδύνων και αξιολόγηση αποτελεσματικότητας μέτρων.
- **Δυναμική εφαρμογή:** η προσαρμογή του Risk Assessment στις πραγματικές συνθήκες αποδεικνύει ότι η ασφάλεια είναι διαδικασία, όχι έγγραφο.
- **Μεταφερισιμότητα:** η μεθοδολογία είναι εφαρμόσιμη σε ανάλογα τεχνικά έργα (γέφυρες, στέγαστρα, βιομηχανικές εγκαταστάσεις), με κατάλληλη προσαρμογή στις ιδιαίτερες συνθήκες.

Συνολικά, το Case Study αποδεικνύει ότι η επιτυχής διαχείριση κινδύνου σε τεχνικά έργα υψηλής πολυπλοκότητας βασίζεται στη συνδυασμένη εφαρμογή τεχνικών λύσεων, οργανωτικών δομών και ενεργούς συμμετοχής του ανθρώπινου παράγοντα. Η προσέγγιση αυτή δεν εξασφαλίζει μόνο τη συμμόρφωση με τα πρότυπα ISO 45001 και τη νομοθεσία (Π.Δ. 305/1996), αλλά — και κυρίως — την ουσιαστική προστασία των εργαζομένων και την ομαλή ολοκλήρωση του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε την ανάλυση εργασιακών κινδύνων και τα κριτήρια αποδοχής ρίσκου κατά την κατασκευή μεταλλικού στεγάστρου αμαξοστασίου TRAM — ένα έργο που συνδυάζει βαριές ανυψώσεις, εργασίες σε ύψος, μηχανική εγκατάσταση καλωδίων ισχύος και δραστηριότητες πλησίον ενεργής εναέριας γραμμής 750 V DC. Η ολοκλήρωση της ανάλυσης, από το θεωρητικό πλαίσιο έως την εφαρμογή του Case Study, επιτρέπει τη διατύπωση ουσιαστικών συμπερασμάτων και προτάσεων για μελλοντική εφαρμογή.

8.1 Επίτευξη Στόχων της Εργασίας

Οι βασικοί στόχοι που τέθηκαν στο Κεφάλαιο 1 επιτεύχθηκαν πλήρως:

- **Καταγραφή νομοθετικού πλαισίου:** Αναλύθηκαν διεξοδικά ο Ν. 3850/2010, το Π.Δ. 305/1996 (Οδηγία 92/57/ΕΟΚ), το ISO 45001 και τα τεχνικά πρότυπα EN 1090-2, EN ISO 13920, EN ISO 5817, παρέχοντας το κανονιστικό πλαίσιο εφαρμογής (Κεφ. 2).
- **Αναγνώριση κινδύνων:** Αναγνωρίστηκαν και ταξινομήθηκαν όλοι οι κύριοι κίνδυνοι των εργασιών ανέγερσης και καλωδίωσης, με χρήση Job Safety Analysis (JSA) ανά φάση εκτέλεσης (Κεφ. 5).
- **Εφαρμογή Risk Assessment:** Εφαρμόστηκε η μεθοδολογία μήτρας 5×5 ($R_0 \rightarrow R_1$) σε 19 δραστηριότητες, με μέση μείωση κινδύνου ~52% και 100% συμμόρφωση με το κριτήριο $R_1 \leq 9$ (Κεφ. 5 & 8).
- **Καθορισμός κριτηρίων αποδοχής:** Ορίστηκε σαφές κριτήριο αποδοχής ($R_1 \leq 9$), με αναλυτικά ειδικά κριτήρια ανά κατηγορία εργασίας (Κεφ. 6).
- **Μέτρα πρόληψης:** Τεκμηριώθηκε η εφαρμογή πολυεπίπεδης ιεραρχίας ελέγχου (εξάλειψη $\rightarrow$ τεχνικά $\rightarrow$ οργανωτικά $\rightarrow$ ΜΑΠ) σε κάθε φάση του έργου (Κεφ. 7).

- **Μελέτη περίπτωσης:** Το Case Study (Κεφ. 8) επαλήθευσε με πραγματικά δεδομένα την αποτελεσματικότητα της μεθοδολογίας — μηδέν ατυχήματα, τρεις καταγεγραμμένες near miss αναφορές με διορθωτικές ενέργειες.

8.2 Κύρια Ευρήματα

8.2.1 Αποτελεσματικότητα της Μεθοδολογίας Risk Assessment

Το κεντρικό εύρημα της εργασίας είναι ότι η συστηματική εφαρμογή της μεθοδολογίας Risk Assessment σε πραγματικό έργο υψηλής πολυπλοκότητας αποδίδει μετρήσιμα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα:

Πίνακας 8.1 – Σύνοψη Αποτελεσμάτων Risk Assessment

Κατηγορία Εργασιών	Αρ. Δραστηριοτήτων	R ₀ (Εύρος)	R ₁ (Εύρος)	Μέγ. Μείωση
Φάσεις ανέγερσης μεταλλικής κατασκευής	10	12–16	6–9	44%
Εγκατάσταση καλωδίων ισχύος	9	8–16	4–8	75% (LOTO)
Σύνολο	19	8–16	4–9	~52% μέση

Η μεγαλύτερη μείωση ($R_0 = 16 \rightarrow R_1 = 4$, 75%) επιτεύχθηκε μέσω της διαδικασίας LOTO στις ηλεκτρολογικές εργασίες — επιβεβαιώνοντας ότι η εξάλειψη της πηγής κινδύνου αποτελεί την αποτελεσματικότερη παρέμβαση, σύμφωνα με την ιεραρχία ελέγχου.

8.2.2 Κρίσιμος Ρόλος των Ανθρώπινων Παραγόντων

Η ανάλυση ανέδειξε ότι οι ανθρώπινοι παράγοντες — κόπωση, απροσεξία, υπερεμπιστοσύνη, ανεπαρκής επικοινωνία — αποτελούν εξίσου σημαντικές πηγές κινδύνου με τις τεχνικές αστοχίες. Τα μέτρα αντιμετώπισης (toolbox meetings, one-command-one-action, near miss reporting χωρίς κυρώσεις) αποδείχθηκαν λειτουργικά

και αποτελεσματικά στην πράξη, οδηγώντας σε τρεις καταγραφές near miss — και στις τρεις ελήφθησαν διορθωτικές ενέργειες πριν τη συνέχιση εργασιών.

8.2.3 Η Τεκμηρίωση ως Εργαλείο, όχι Τυπικότητα

Ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα είναι η λειτουργική αξία της τεκμηρίωσης. Τα Lifting Plans, Method Statements και Checklists δεν χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά για λόγους συμμόρφωσης, αλλά αποτέλεσαν πρακτικά εργαλεία λήψης αποφάσεων στο εργοτάξιο. Η διακοπή ανυψώσεων λόγω ανέμου και η αναστολή εργασιών λόγω ολισθηρότητας — και οι δύο αποφάσεις τεκμηριωμένες στο σχέδιο ασφάλειας — αποδεικνύουν ότι η ασφάλεια είναι διαδικασία, όχι έγγραφο.

8.2.4 Dual Lifting: Ο Υψηλότερος Κίνδυνος στο Έργο

Οι ανυψώσεις τριεδρικών φορέων (26,7–45,85 t) με τη μέθοδο dual lifting αποτέλεσαν τη δραστηριότητα με τη μεγαλύτερη αρχική επικινδυνότητα ($R_0 = 16$). Η επίτευξη αποδεκτού επιπέδου ($R_1 = 9$) απαιτήσε συνδυασμό: εξειδικευμένου Lifting Plan, ασύρματης επικοινωνίας, πλήρους αποκλεισμού ζώνης, παρακολούθησης ανέμου σε πραγματικό χρόνο και ελέγχου εδάφους — δηλαδή ταυτόχρονη εφαρμογή τεχνικών, οργανωτικών και συμπεριφορικών μέτρων.

8.2.5 Ασφάλεια και Παραγωγικότητα: Συμβατές Αξίες

Οι πολλαπλές διακοπές και αναστολές εργασιών λόγω καιρικών συνθηκών και ολισθηρότητας δεν οδήγησαν σε σημαντικές χρονικές καθυστερήσεις. Αντίθετα, η προληπτική αντιμετώπιση των κινδύνων ενίσχυσε την εμπιστοσύνη του προσωπικού και συνέβαλε στην ολοκλήρωση του έργου χωρίς κανένα ατύχημα ή σοβαρό συμβάν. Αυτό επιβεβαιώνει ότι η ασφάλεια και η παραγωγικότητα δεν είναι αντικρουόμενες αλλά αλληλοτροφοδοτούμενες αξίες.

8.3 Γενικευμένα Συμπεράσματα

Πέραν των ευρημάτων που αφορούν το συγκεκριμένο έργο, η ανάλυση οδηγεί σε συμπεράσματα που έχουν ευρύτερη εφαρμογή στη διαχείριση ασφάλειας τεχνικών έργων:

- **Η ποσοτικοποίηση του κινδύνου είναι αναγκαία προϋπόθεση λήψης αποφάσεων.** Χωρίς μετρήσιμους δείκτες (R_0 , R_1 , KPIs), η αξιολόγηση παραμένει υποκειμενική και ανεπαληθεύτη. Η μήτρα 5×5 παρέχει κοινή γλώσσα μεταξύ μηχανικών, εργοδηγών και επιθεωρητών ασφάλειας.
- **Η ιεραρχία ελέγχου δεν είναι θεωρητική κατασκευή.** Η πρακτική εφαρμογή της — από την εξάλειψη (LOTO) έως τα ΜΑΠ — απέδειξε ότι τα ανώτερα επίπεδα ιεραρχίας (εξάλειψη, τεχνικά μέτρα) προσφέρουν σημαντικά υψηλότερη μείωση κινδύνου σε σχέση με τα κατώτερα (ΜΑΠ).
- **Η dynamic risk assessment είναι αναπόσπαστο στοιχείο αποτελεσματικής διαχείρισης.** Οι συνθήκες σε ένα τεχνικό έργο μεταβάλλονται συνεχώς. Η ικανότητα επαναξιολόγησης κινδύνων in situ — και η εξουσία στον επιβλέποντα μηχανικό να αναστέλλει εργασίες — αποδείχθηκε κρίσιμη παράμετρος επιτυχίας.
- **Η κουλτούρα ασφάλειας δεν δημιουργείται με εγκυκλίους.** Δημιουργείται με συνέπεια στην εφαρμογή, με ενεργή συμμετοχή του προσωπικού (toolbox meetings), με near miss reporting χωρίς τιμωρία και με εμφανή δέσμευση της διοίκησης.

8.4 Περιορισμοί της Εργασίας

Η ανάλυση διέπεται από ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να αναφερθούν με σκοπό την ορθή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων:

- **Μονοεταιρική εστίαση:** Τα δεδομένα προέρχονται από ένα μόνο έργο συγκεκριμένου κατασκευαστή. Η γενίκευση των αποτελεσμάτων απαιτεί επαλήθευση σε αντίστοιχα έργα με διαφορετικούς φορείς.

- **Ποιοτική εκτίμηση R:** Η τιμή R_0 και R_1 βασίζεται στην κρίση εμπειρογνομόνων χωρίς αυτοματοποιημένη ποσοτικοποίηση (π.χ. Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis). Αυτό εισάγει στοιχείο υποκειμενικότητας.
- **Απουσία χρονικής σύγκρισης:** Δεν πραγματοποιήθηκε σύγκριση με παρόμοια έργα της ίδιας εταιρείας κατά την προηγούμενη δεκαετία, γεγονός που θα επέτρεπε αξιολόγηση της βελτίωσης κουλτούρας ασφάλειας.
- **Εξωτερικές μεταβλητές:** Παράγοντες όπως η εποχή εκτέλεσης, η εμπειρία του συγκεκριμένου συνεργείου και οι ιδιαίτερες συνθήκες χώρου δεν αποτέλεσαν αντικείμενο συστηματικής ανάλυσης.

8.5 Προτάσεις για Μελλοντική Εφαρμογή

Βάσει των ευρημάτων και των περιορισμών, διατυπώνονται οι εξής προτάσεις για μελλοντική εφαρμογή και έρευνα:

8.5.1 Για τον Κατασκευαστικό Κλάδο

- **Τυποποίηση Risk Assessment ανά τύπο εργασίας:** Δημιουργία βιβλιοθήκης τυποποιημένων JSA για κατηγορίες εργασιών (dual lifting, εγκατάσταση καλωδίων υψηλής τάσης, εργασία σε ύψος > 10 m), ώστε να μειωθεί ο χρόνος προετοιμασίας νέων έργων.
- **Ψηφιοποίηση παρακολούθησης:** Ενσωμάτωση ψηφιακών εργαλείων (mobile checklists, cloud-based Lifting Plans) για real-time ενημέρωση και άμεση πρόσβαση σε δεδομένα ασφάλειας από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.
- **Εφαρμογή σε συναφή έργα:** Η μεθοδολογία είναι άμεσα μεταφέρσιμη σε έργα γεφυρών, βιομηχανικών στεγάστρων και εγκαταστάσεων αστικής υποδομής, με κατάλληλη προσαρμογή στις ιδιαίτερες τεχνικές παραμέτρους κάθε έργου.

8.5.2 Για Μελλοντική Ακαδημαϊκή Έρευνα

- **Ανάπτυξη ποσοτικής μεθοδολογίας:** Συνδυασμός της μήτρας 5×5 με Fault Tree Analysis (FTA) ή Bayesian Networks για ακριβέστερη εκτίμηση πιθανοτήτων σε εργασίες dual lifting.

- **Μελέτη επίδρασης εποχικότητας:** Ανάλυση της επίδρασης καιρικών συνθηκών (χειμερινές vs. καλοκαιρινές εργασίες) στη συχνότητα near miss incidents και στα επίπεδα R_1 σε αντίστοιχα έργα.
- **Διαχρονική μελέτη κουλτούρας ασφάλειας:** Έρευνα ακολουθίας (longitudinal study) για την αξιολόγηση της εξέλιξης κουλτούρας ασφάλειας σε κατασκευαστικές εταιρείες που εφαρμόζουν ISO 45001 σε βάθος τριετίας.

8.6 Τελικό Συμπέρασμα

Η διπλωματική εργασία κατέδειξε ότι η αποτελεσματική διαχείριση της ασφάλειας σε τεχνικά έργα υψηλής πολυπλοκότητας δεν είναι ζήτημα τυπικής συμμόρφωσης, αλλά ολοκληρωμένης μεθοδολογίας και κουλτούρας. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας Risk Assessment στο συγκεκριμένο έργο κατασκευής στεγάστρου TPAM απέδωσε τρία συγκεκριμένα και μετρήσιμα αποτελέσματα:

- **Μηδέν ατυχήματα** κατά τη διάρκεια συνολικής εκτέλεσης 19 κατηγοριών δραστηριοτήτων υψηλής επικινδυνότητας.
- **100% συμμόρφωση** με το κριτήριο αποδοχής $R_1 \leq 9$ — χωρίς εξαίρεση.
- **Μέση μείωση κινδύνου ~52%** και έως 75% στις ηλεκτρολογικές εργασίες μέσω LOTO.

Αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η συστηματική εφαρμογή αρχών ασφάλειας — ποσοτική εκτίμηση, ιεράρχηση μέτρων, δυναμική επαναξιολόγηση, λειτουργική τεκμηρίωση και ενεργή συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα — αποτελεί ικανή συνθήκη για την ασφαλή ολοκλήρωση σύνθετων κατασκευαστικών έργων.

Τελικά, η κατασκευή αυτή δεν ολοκληρώθηκε με τύχη. Ολοκληρώθηκε με σχεδιασμό.



Βιβλιογραφία

- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
- Cox, L. A. (2008). What is wrong with risk matrices? *Risk Analysis*, 28(2), 497–512.
<https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x>
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention: A scientific approach*. McGraw-Hill.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate.
- ISO. (2018). *ISO 45001:2018: Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use*. ISO.
- ISO. (2018b). *ISO 31000:2018: Risk management – Guidelines*. ISO.
- NIOSH. (2016). *Hierarchy of controls*. CDC.
<https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>
- OSHA. (2002). *Job hazard analysis (OSHA 3071)*. U.S. Department of Labor.
<https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3071.pdf>
- OSHA. (2015). *Cranes and derricks in construction: Safety and health regulations*. U.S. Department of Labor.
- Ελληνική Δημοκρατία. (1996). Προεδρικό Διάταγμα 305/1996: Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια. ΦΕΚ Α' 212/29.8.1996.
- Ελληνική Δημοκρατία. (2010). Νόμος 3850/2010: Κύρωση του Κώδικα νόμων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. ΦΕΚ Α' 84/2.6.2010.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

**ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ,
ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ, ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ												
α/α	Μέσα/Εξοπλισμός	Πηγή κινδύνου / Επικίνδυνη κατάσταση	Επίπτωση	Εμπλεκόμενο Προσωπικό	Πιθαν ότητα	Σοβαρότητα	Διακινδύνευση (ΠxΣ)	Μέτρα ελέγχου	Πιθανότητα	Σοβαρότητα	Υπολειπόμενη Διακινδύνευση	Υπεύθυνο προσωπικό για την τήρηση των μέτρων
1	Φορτηγά μεταφοράς, μηχανήματα έργου (γερανοί, περονοφόρα ανυψωτικά), εργοεξέδρες, αυτοκίνητα προσωπικού	Κίνηση οχημάτων	Τροχαίο ατύχημα / τραυματισμός προσωπικού	Προσωπικό επιχείρησης - υπεργολάβων, επισκέπτες, εργαζόμενοι άλλων επιχειρήσεων στο εργοτάξιο	3	5	15	Τήρηση ΚΟΚ και κανόνων οδήγησης εργοταξίου (20km/h max),Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων, Επαρκής φωτισμός εργοταξιακών χώρων,Σήμανση ασφάλειας και κανόνων ασφαλούς διέλευσης,Διαμόρφωση διαδρόμων κυκλοφορίας πεζών,Απασχόληση βοηθού στα βαρέα οχήματα και μηχανήματα έργου,Οριοθέτηση περιοχής εργασίας, Χρήση ΜΑΠ (ανακλαστικού ρουχισμού),Έλεγχος και συντήρηση οχημάτων	1	5	5	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, οδηγοί-χειριστές ΜΕ, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων
2	Ηλεκτρικά εργαλεία, φορητή γεννήτρια	Διαρροή ρεύματος από ηλεκτρικά εργαλεία	Ηλεκτροπληξία, Εγκαύματα	Προσωπικό επιχείρησης - υπεργολάβων	2	5	10	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων,Χρήση ΜΑΠ, Φαρμακείο Α΄ Βοηθειών,Έλεγχος εργαλείων πριν τη χρήση τους και απομάκρυνση των ελαττωματικών,Χρήση κατάλληλων και μονωμένων εργαλείων,Απαγόρευση τροποποίησης εργαλείων και αφαίρεσης προστατευτικών διατάξεων,Απασχόληση αδειούχου ηλεκτρολόγου για τον έλεγχο και επισκευή της γεννήτριας,Πρόγραμμα περιοδικού ελέγχου και συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού,Απαγόρευση επέμβασης σε εξοπλισμό σε λειτουργία,Επαρκής φωτισμός εργοταξιακών χώρων, Σήμανση ασφαλείας	1	5	5	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων

α/α	Μέσα/Εξοπλισμός	Πηγή κινδύνου / Επικίνδυνη κατάσταση	Επίπτωση	Εμπλεκόμενο Προσωπικό	Πιθαν ότητα	Σοβαρότητα	Διακινδύνευση (ΠxΣ)	Μέτρα ελέγχου	Πιθανότητα	Σοβαρότητα	Υπολειπόμενη Διακινδύνευση	Υπεύθυνο προσωπικό για την τήρηση των μέτρων
3	Εργαλεία χειρός/ηλεκτρικά εργαλεία	Τραυματισμός από εργαλεία χειρός/ηλεκτρικά εργαλεία	Τραυματισμός, ακρωτηριασμός	Προσωπικό επιχείρησης - υπεργολάβων	3	4	12	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων,Χρήση κατάλληλων ΜΑΠ ανάλογα το εργαλείο, Απαγόρευση χρήσης γαντιών με περιστροφικά εργαλεία,Φαρμακείο Α΄ Βοηθειών,Έλεγχος εργαλείων πριν τη χρήση τους και απομάκρυνση των ελαττωματικών,Χρήση κατάλληλων και μονωμένων εργαλείων, Απαγόρευση τροποποίησης εργαλείων και αφαίρεσης προστατευτικών διατάξεων, Πρόγραμμα περιοδικού ελέγχου και συντήρησης του εξοπλισμού,Απαγόρευση επέμβασης σε εξοπλισμό σε λειτουργία,Επαρκής φωτισμός εργοταξιακών χώρων, Σήμανση ασφαλείας,Ορθή αποθήκευση των εργαλείων μετά τη χρήση τους	2	2	4	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων
4	Εργαλεία, υλικά	Χειρωνακτική διακίνηση φορτίων	Τραυματισμός από χειρωνακτική διακίνηση, μυοσκελετικά προβλήματα	Προσωπικό επιχείρησης - υπεργολάβων	3	3	9	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων,Χρήση ΜΑΠ, Φαρμακείο Α΄ Βοηθειών,Τήρηση διεθνών μέγιστων ορίων ανύψωσης από το προσωπικό (25kg και 16kg για άντρες και γυναίκες αντίστοιχα),Χρήση μηχανικών και άλλων μέσων ανύψωσης και διακίνησης (καρότσια, παλάγκο, παλετοφόρα, κτλ.),Τήρηση καθαριότητας και ευταξίας εργοταξιακών χώρων	2	1	2	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων

α/α	Μέσα/Εξοπλισμός	Πηγή κινδύνου / Επικίνδυνη κατάσταση	Επίπτωση	Εμπλεκόμενο Προσωπικό	Πιθαν ότητα	Σοβαρότητα	Διακινδύνευση (ΠχΣ)	Μέτρα ελέγχου	Πιθανότητα	Σοβαρότητα	Υπολειπόμενη Διακινδύνευση	Υπεύθυνο προσωπικό για την τήρηση των μέτρων
5	Γερανοί, περονοφόρα ανυψωτικά, εργοεξέδρες	Αιωρούμενα φορτία/Αστοχία διαδικασίας ανύψωσης	Πτώση φορτίων/ Τραυματισμός από αιωρούμενο φορτίο	Προσωπικό επιχείρησης - υπεργολάβων	3	5	15	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων, Οριοθέτηση περιοχής εργασίας, Χρήση ΜΑΠ, Απαγόρευση διακίνησης φορτίων πάνω από προσωπικό και εγκαταστάσεις, Σχέδιο ανύψωσης, Τήρηση αποστάσεων ασφάλειας από εναέρια δίκτυα και εμπόδια, Απασχόληση βοηθών ανύψωσης και χρήση σχοινιών καθοδήγησης, Απασχόληση αδειούχων χειριστών, Πιστοποιημένος και κατάλληλος ανυψωτικός εξοπλισμός (γερανοί) και αξεσουάρ (ναυτικά κλειδιά, ιμάντες, κτλ.), Έλεγχος εξοπλισμού πριν τη χρήση του, Τήρηση μεθόδου ασφαλούς εργασίας, Ορθή χρήση ποδαρικών και βάσεων στήριξης από γερανούς, Επικοινωνία μεταξύ εμπλεκόμενου προσωπικού κατά τη διάρκεια της ανύψωσης (ασύρματοι, οπτική επαφή- χειρονομίες)	2	3	6	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, χειριστές ΜΕ, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων
6	Γερανοί, περονοφόρα ανυψωτικά, εργοεξέδρες	Ανατροπή μηχανήματος έργου (γερανού/εργοεξέδ ρας)	Κατάρρευση μηχανήματος, καταπλάκωση εργαζόμενων	Προσωπικό επιχείρησης - υπεργολάβων, επισκέπτες, εργαζόμενοι άλλων επιχειρήσεων στο εργοτάξιο	3	5	15	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων,Οριοθέτηση περιοχής εργασίας, Χρήση ΜΑΠ,Απαγόρευση διακίνησης φορτίων πάνω από προσωπικό και εγκαταστάσεις,Σχέδιο ανύψωσης,Τήρηση αποστάσεων ασφάλειας από εναέρια δίκτυα και εμπόδια,Απασχόληση βοηθών ανύψωσης και χρήση σχοινιών καθοδήγησης,Απασχόληση αδειούχων χειριστών, Πιστοποιημένος και κατάλληλος ανυψωτικός εξοπλισμός (γερανοί) και αξεσουάρ (ναυτικά κλειδιά, ιμάντες, κτλ.),Έλεγχος εξοπλισμού πριν τη χρήση του, Τήρηση μεθόδου ασφαλούς εργασίας,Ορθή χρήση ποδαρικών και βάσεων στήριξης από γερανούς,Επικοινωνία μεταξύ εμπλεκόμενου προσωπικού κατά τη διάρκεια της ανύψωσης (ασύρματοι, οπτική επαφή-χειρονομίες)	2	3	6	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, χειριστές ΜΕ, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων

α/α	Μέσα/Εξοπλισμός	Πηγή κινδύνου / Επικίνδυνη κατάσταση	Επίπτωση	Εμπλεκόμενο Προσωπικό	Πιθαν ότητα	Σοβαρότητα	Διακινδύνευση (ΠχΣ)	Μέτρα ελέγχου	Πιθανότητα	Σοβαρότητα	Υπολειπόμενη Διακινδύνευση	Υπεύθυνο προσωπικό για την τήρηση των μέτρων
7	Εργοεξέδρες, εργαλεία χειρός, ηλεκτρικά εργαλεία	Πτώση από εργοεξέδρα/στέγη (ύψος)	Κατάγματα / θανάσιμος τραυματισμός	Εργαζόμενοι σε ύψος	3	5	15	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων,Οριοθέτηση περιοχής εργασίας, Χρήση ΜΑΠ,Μόνιμη χρήση ζώνης πρόσδεσης και μέσων αγκύρωσης από το προσωπικό σε κατάλληλα σημεία της εργοεξέδρας,Απαγόρευση χρήσης της εργοεξέδρας ως μέσο ανύψωσης υλικών,Απαγόρευση εργασίας εκτός εργοεξέδρας ή σταθερού σημείου της στέγης (μόνο αν απαιτηθεί και κατόπιν εξουσιοδότησης), Τήρηση αποστάσεων ασφάλειας από εναέρια δίκτυα και εμπόδια,Απασχόληση, Απασχόληση αδειούχων χειριστών,Πιστοποιημένους και κατάλληλος εξοπλισμός (εργοεξέδρες) και μέσων ατομικής προστασίας, Έλεγχος εξοπλισμού πριν τη χρήση του, Τήρηση μεθόδου ασφαλούς εργασίας, Επικοινωνία μεταξύ εμπλεκόμενου προσωπικού κατά τη διάρκεια της ανύψωσης (ασύρματοι, οπτική επαφή- χειρονομίες), Τήρηση κανόνων κυκλοφορίας από εργοεξέδρες και απαγόρευση μετακίνησης όταν είναι ανυψωμένες,Σχέδιο έκτακτης ανάγκης (διάσωσης) και επικοινωνίας σε περίπτωση πτώσης εργαζόμενου,Εφεδρικό μέσο διάσωσης εργαζόμενου και εξοπλισμός διάσωσης,	1	5	5	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων
8	Εργοεξέδρες, εργαλεία χειρός, ηλεκτρικά εργαλεία	Πτώση υλικών από εργοεξέδρα/στέγη	Τραυματισμοί	Εργαζόμενοι σε ύψος	3	5	15	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων, Οριοθέτηση περιοχής εργασίας, Χρήση ΜΑΠ, Πιστοποιημένους και κατάλληλος εξοπλισμός (εργοεξέδρες) και μέσων ατομικής προστασίας, Έλεγχος εξοπλισμού πριν τη χρήση του, Τήρηση μεθόδου ασφαλούς εργασίας, Επικοινωνία μεταξύ εμπλεκόμενου προσωπικού κατά τη διάρκεια της εργασίας	2	2	4	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων
9	Δάπεδα εργασίας, εργοταξιακός εξοπλισμός, καλώδια	Ολίσθηση / πτώση στο έδαφος	Τραυματισμοί / κατάγματα	Προσωπικό επιχείρησης – υπεργολάβων, επισκέπτες	3	3	9	Εκπαίδευση εργαζόμενων, Ημερήσιες ενημερώσεις εργαζόμενων, Επαρκής φωτισμός εργοταξιακών χώρων,Σήμανση ασφάλειας και κανόνων ασφαλούς διέλευσης,Διαμόρφωση διαδρόμων κυκλοφορίας πεζών, Οριοθέτηση περιοχής εργασίας,Καθαριότητα χώρων και απομάκρυνση σκουπιδιών και άχρηστων υλικών,Τακτοποίηση εξοπλισμού, καλωδίων και τήρηση κανόνων ευταξίας,Χρήση ΜΑΠ,Φαρμακείο Α' Βοηθειών	2	2	4	Εργοδηγοί/ επιβλέποντες, προσωπικό επιχείρησης/υπεργολάβων