



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών
Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.

ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΔΕΛΗΚΟΥΡΑΣ

Επιβλέπων καθηγητής
ΣΕΡΑΦΕΙΜ ΠΟΛΥΖΟΣ

Συν-Επιβλέπων καθηγητής
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΡΕΤΟΥΛΗΣ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2026

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας και του ρίσκου στη διαχείριση τεχνικών έργων, με έμφαση στη συστηματική αναγνώριση, αξιολόγηση, αντιμετώπιση και παρακολούθηση των κινδύνων καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησής τους. Τα τεχνικά έργα χαρακτηρίζονται από αυξημένη πολυπλοκότητα και επηρεάζονται από πλήθος παραγόντων, όπως τεχνικές και σχεδιαστικές αστοχίες, μεταβολές στο κόστος και στον χρόνο, συμβατικές και οργανωτικές απαιτήσεις, καθώς και εξωτερικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Η αποτελεσματική διαχείριση των παραπάνω παραγόντων αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την επίτευξη των στόχων του έργου ως προς τον χρόνο, το κόστος, την ποιότητα και τη συμβατική του ολοκλήρωση.

Αρχικά, παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της διαχείρισης τεχνικών έργων και αποσαφηνίζονται οι έννοιες της αβεβαιότητας και του ρίσκου. Στη συνέχεια, αναλύονται οι κυριότερες κατηγορίες κινδύνων που εμφανίζονται στα τεχνικά έργα και παρουσιάζεται η διαδικασία διαχείρισής τους, από την αναγνώριση και την καταγραφή έως την αξιολόγηση, την ιεράρχηση, την αντιμετώπιση και την παρακολούθησή τους. Παράλληλα, εξετάζονται βασικά εργαλεία και τεχνικές, όπως το Risk Register, η ανάλυση SWOT, η μήτρα πιθανότητας-επίπτωσης και η μέθοδος Monte Carlo, καθώς και η αξιοποίηση λογισμικών για την υποστήριξη της διαχείρισης κινδύνων και του χρονοπρογραμματισμού.

Για την πρακτική διερεύνηση της προτεινόμενης προσέγγισης πραγματοποιείται παραμετροποιημένη μελέτη περίπτωσης έργου κατασκευής και βελτίωσης οδικού άξονα μήκους 8 km, με προϋπολογισμό 12 εκατ. ευρώ και συμβατική διάρκεια 18 μηνών. Μέσω της μελέτης αναγνωρίζονται και αξιολογούνται οι σημαντικότεροι κίνδυνοι, εξετάζονται οι πιθανές επιπτώσεις τους στο χρονοδιάγραμμα και στο κόστος και προτείνονται μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σύνδεση της διαχείρισης κινδύνων με τον χρονοπρογραμματισμό και την παρακολούθηση της σύμβασης.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αναδεικνύουν ότι η διαχείριση κινδύνων δεν αποτελεί μεμονωμένη διαδικασία, αλλά αναπόσπαστο μέρος της συνολικής διοίκησης ενός τεχνικού έργου. Η έγκαιρη αναγνώριση των κινδύνων, η συνεχής επικαιροποίηση των σχετικών δεδομένων και η σύνδεσή τους με το χρονοδιάγραμμα, το κόστος και τις συμβατικές υποχρεώσεις μπορούν να συμβάλουν στον περιορισμό των αποκλίσεων και στη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Παράλληλα, αναδεικνύεται ο σημαντικός ρόλος του μηχανικού παρακολούθησης συμβάσεων και χρονοπρογραμματισμού στη συντονισμένη παρακολούθηση των τεχνικών, χρονικών και συμβατικών παραμέτρων του έργου.

Λέξεις Κλειδιά: Αβεβαιότητα, Διαχείριση κινδύνων, Τεχνικά έργα, Διοίκηση έργων, Χρονοπρογραμματισμός, Διαχείριση κόστους, Διαχείριση συμβάσεων, Αξιολόγηση κινδύνων, Μελέτη περίπτωσης, Κατασκευαστικά έργα.

ABSTRACT

The present diploma thesis examines the management of uncertainty and risk in technical projects, with emphasis on the systematic identification, assessment, treatment, and monitoring of risks throughout the project life cycle. Technical projects are characterized by a high degree of complexity and are affected by numerous factors, including technical and design deficiencies, cost and schedule variations, contractual and organizational requirements, as well as external and environmental conditions. Effective risk management is therefore considered an essential component for achieving project objectives in terms of time, cost, quality, and contractual completion.

Initially, the theoretical framework of technical project management is presented, while the concepts of uncertainty and risk are defined and clarified. The main categories of risks encountered in technical projects are subsequently examined, together with the risk management process, from risk identification and recording to assessment, prioritization, treatment, monitoring, and control. Furthermore, key risk management tools and techniques are presented, including the Risk Register, SWOT analysis, the probability–impact matrix, and Monte Carlo simulation, as well as the use of software applications supporting risk management and project scheduling.

For the practical investigation of the proposed approach, a parameterized case study of a road construction and improvement project is developed. The project concerns an 8 km road section, with an indicative budget of €12 million and a contractual duration of 18 months. The case study identifies and assesses the most significant project risks, examines their potential effects on schedule and cost, and proposes preventive and corrective measures. Particular emphasis is placed on the integration of risk management with project scheduling and contract monitoring.

The findings of the study indicate that risk management should not be considered an isolated activity, but rather as an integral part of overall technical project management. Early risk identification, continuous updating of risk-related information, and integration with project scheduling, cost monitoring, and contractual requirements can contribute to reducing deviations and improving decision-making throughout project execution. The study also highlights the important role of the engineer responsible for contract monitoring and project scheduling in the integrated monitoring of the technical, time-related, financial, and contractual aspects of a project.

Overall, the study demonstrates that effective uncertainty and risk management does not aim to eliminate uncertainty entirely, but to identify and manage its potential effects in a systematic and timely manner, thereby improving the ability of technical projects to achieve their planned objectives.

Keywords: Uncertainty, Risk Management, Technical Projects, Project Management, Project Scheduling, Cost Management, Contract Management, Risk Assessment, Case Study, Construction Projects.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 Αντικείμενο της εργασίας.	9
1.2. Σκοπός και στόχοι της εργασίας.....	10
1.3. Δομή της εργασίας.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ	13
2.1. Εισαγωγή στη διαχείριση τεχνικών έργων.	13
2.2. Σημασία της διαχείρισης κινδύνων στα Τεχνικά έργα.....	15
2.3. Έννοια της αβεβαιότητας και του ρίσκου.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ	19
3.1. Τεχνικοί και σχεδιαστικοί κίνδυνοι.	19
3.2. Κίνδυνοι χρόνου και κόστους.	19
3.3. Συμβατικοί, νομικοί και οργανωτικοί κίνδυνοι.....	20
3.4. Κίνδυνοι από εξωτερικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.....	21
3.5. Κίνδυνοι υγείας, ασφάλειας και ανθρώπινου παράγοντα.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ.....	25
4.1. Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων.....	25
4.2. Αναγνώριση κινδύνων.	27
4.3. Αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων.....	28
4.4. Στρατηγικές και μέτρα αντιμετώπισης των κινδύνων.	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΡΙΣΚΟΥ	32
5.1. Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνων.	32

5.2. Ανάλυση SWOT.....	34
5.3. Μέθοδος Monte Carlo.	36
5.4. Διάγραμμα πιθανότητας και επίπτωσης.....	39
5.5. Λογισμικά διαχείρισης κινδύνου σε τεχνικά έργα.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (Case Studies).....	47
6.1. Παρουσίαση και χαρακτηριστικά του έργου.	47
6.2. Αναγνώριση και καταγραφή των κινδύνων του Έργου.	49
6.3. Αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων του έργου.	52
6.3.1 Κριτήρια Αξιολογήσεις.....	53
6.3.2 Αξιολόγηση των κινδύνων του έργου.....	54
6.3.3 Μήτρα πιθανότητας – επίπτωσης.	57
6.3.4 Τελική ιεράρχηση των κινδύνων.	57
6.4. Μέτρα αντιμετώπισης των σημαντικότερων κινδύνων.	59
6.4.1 Καθυστερήση προμήθειας υλικών (R3).....	59
6.4.2 Αποκλίσεις από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα (R15).....	60
6.4.3 Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες (R1).....	61
6.4.4 Καθυστερήσεις εγκρίσεων και αδειοδοτήσεων (R8).....	61
6.4.5 Μεταβολή του φυσικού αντικειμένου (R11).....	62
6.4.6 Συνολικός πίνακας μέτρων αντιμετώπισης.	62
6.5. Επίδραση των κινδύνων στο χρονοδιάγραμμα και το κόστος.	63
6.5.1 Επίδραση των κινδύνων στο χρονοδιάγραμμα.	64
6.5.2 Επίδραση των κινδύνων στο κόστος.....	65
6.5.3 Συσχέτιση χρόνου και κόστους.	66
6.5.4 Επίδραση των κινδύνων στη διαχείριση της σύμβασης.	66
6.5.5 Συνολική επίπτωση στο Έργο.	67
6.6. Συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης.	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συμπεράσματα – Αξιολόγηση της προσέγγισης και προοπτικές εφαρμογής.....	71
7.1. Βασικά συμπεράσματα της εργασίας.	71



«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»	
7.2. Συμβολή της διαχείρισης κινδύνων στη διοίκηση τεχνικών έργων.	72
7.3. Περιορισμοί της μελέτης.	72
7.4. Προοπτικές και δυνατότητες περαιτέρω αξιοποίησης.	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1) Αξιολόγησης και ιεράρχησης κινδύνων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία.).....	27
Πίνακας 2) Βασικά εργαλεία και τεχνικές διαχείρισης κινδύνων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία.).....	31
Πίνακας 3) Παράδειγμα (1) Monte Carlo (Πηγή: Ιδία επεξεργασία.).....	35
Πίνακας 4) Ενδεικτική μήτρα πιθανότητας και επίπτωσης. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία. με βάση PMI (2021).)	38
Πίνακας 5) Ενδεικτική σύγκριση λογισμικών διαχείρισης έργων και κινδύνων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία, με βάση τη σχετική βιβλιογραφία διαχείρισης έργων και κινδύνων.).....	44
Πίνακας 6) Μητρώο κινδύνων, υπευθύνων και δεικτών παρακολούθησης του έργου οδοποιίας. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία, με βάση τη σχετική βιβλιογραφία διαχείρισης έργων και κινδύνων.).....	48
Πίνακας 7) πιθανότητα εμφάνισης (P) (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).....	51
Πίνακας 8) (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).....	52
Πίνακας 9) Αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων του Έργου. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)... ..	53
Πίνακας 10) Μήτρα πιθανότητας - επίπτωσης των κινδύνων. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).....	55
Πίνακας 11) Τελική κατάταξη των σημαντικότερων κινδύνων του Έργου. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).....	56
Πίνακας 12) Συνολικός πίνακας μέτρων αντιμετώπισης. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).....	61
Πίνακας 13) Χρονικών επιπτώσεων. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).....	63
Πίνακας 14) Οικονομικές επιπτώσεις στο Έργο. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).....	64

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διαχείριση Τεχνικών Έργων» του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου (ΕΑΠ). Η εκπόνησή της αποτέλεσε μια σημαντική ακαδημαϊκή και προσωπική προσπάθεια, μέσα από την οποία μου δόθηκε η δυνατότητα να αξιοποιήσω και να διευρύνω τις γνώσεις που απέκτησα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Σεραφείμ Πολύζο, για την επιστημονική καθοδήγηση, τις πολύτιμες υποδείξεις και την υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στη σύζυγό μου, Αναστασία, για την υπομονή, την κατανόηση, την ενθάρρυνση και την αμέριστη στήριξή της σε όλη αυτή την προσπάθεια.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου για την αγάπη, την υποστήριξη και την ενθάρρυνσή της. Η παρουσία και η συμπαράστασή τους αποτέλεσαν σημαντική δύναμη για την ολοκλήρωση των σπουδών μου και της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Συντομογραφία / Ακρωνύμιο	Πλήρης όρος
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ISO	International Organization for Standardization
PMI	Project Management Institute
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
RBS	Risk Breakdown Structure
KRI	Key Risk Indicator
RFI	Request for Information
CPM	Critical Path Method
PERT	Program Evaluation and Review Technique
MS Project	Microsoft Project
P6	Primavera P6
KPI	Key Performance Indicator
H&S	Health and Safety
WBS	Work Breakdown Structure
EAP	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Hellenic Open University)
P × I	Probability × Impact (Πιθανότητα × Επίπτωση)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο της εργασίας.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της αντιμετώπισης των αβεβαιοτήτων και του ρίσκου στη διαχείριση τεχνικών έργων, με έμφαση στις διαδικασίες αναγνώρισης, αξιολόγησης, πρόληψης και αντιμετώπισης των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή εξέλιξη και την επιτυχή ολοκλήρωση ενός έργου.

Η υλοποίηση ενός τεχνικού έργου πραγματοποιείται μέσα σε ένα σύνθετο και μεταβαλλόμενο περιβάλλον, όπου η εμφάνιση απρόβλεπτων καταστάσεων είναι ιδιαίτερα συχνή. Παράγοντες όπως οι μεταβολές του κόστους των υλικών, οι καθυστερήσεις στις προμήθειες, οι τεχνικές δυσκολίες, οι αλλαγές στον σχεδιασμό, η περιορισμένη διαθεσιμότητα ανθρώπινου δυναμικού και εξοπλισμού, οι καιρικές συνθήκες, καθώς και οι απαιτήσεις των εμπλεκόμενων φορέων, μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικές αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό ενός έργου. Ως αποτέλεσμα, είναι δυνατό να προκύψουν καθυστερήσεις, υπερβάσεις προϋπολογισμού, προβλήματα ποιότητας ή ακόμη και αδυναμία επίτευξης των αρχικών στόχων.

Στο πλαίσιο αυτό, η εργασία εξετάζει τη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων (Risk Management) ως βασικό εργαλείο της σύγχρονης διοίκησης τεχνικών έργων. Ειδικότερα, αναλύονται οι βασικές πηγές κινδύνου, η αναγνώριση και καταγραφή τους, η εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης και των πιθανών επιπτώσεών τους, καθώς και η επιλογή κατάλληλων στρατηγικών αντιμετώπισης. Παράλληλα, εξετάζεται η σημασία της συνεχούς παρακολούθησης και επανεκτίμησης των κινδύνων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη μελέτη περιπτώσεων τεχνικών έργων, προκειμένου να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο οι αβεβαιότητες και οι κίνδυνοι εμφανίζονται στην πράξη και να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των μέτρων που εφαρμόστηκαν για την αντιμετώπισή τους. Μέσα από τη σύγκριση των περιπτώσεων επιδιώκεται η ανάδειξη κοινών προβλημάτων, αποτελεσματικών πρακτικών και πιθανών αδυναμιών στη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων.

Τέλος, η εργασία αποσκοπεί στη διατύπωση προτάσεων βελτίωσης, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν από επαγγελματίες και οργανισμούς που δραστηριοποιούνται στον χώρο των τεχνικών έργων, με στόχο την καλύτερη πρόβλεψη και αντιμετώπιση των κινδύνων, τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων και τη βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας των έργων.

1.2. Σκοπός και στόχοι της εργασίας.

Βασικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι αβεβαιότητες και οι κίνδυνοι μπορούν να αναγνωρίζονται, να αξιολογούνται και να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά στο πλαίσιο της διαχείρισης τεχνικών έργων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σύνδεση της διαχείρισης κινδύνων με τον χρονοπρογραμματισμό, την παρακολούθηση του κόστους και τη διαχείριση των συμβατικών υποχρεώσεων, καθώς οι συγκεκριμένες παράμετροι επηρεάζουν άμεσα την ομαλή και έγκαιρη ολοκλήρωση ενός έργου.

Η διαχείριση των κινδύνων αποτελεί σημαντικό στοιχείο της σύγχρονης διοίκησης έργων, καθώς οι τεχνικές, οικονομικές, οργανωτικές, συμβατικές και εξωτερικές συνθήκες μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της υλοποίησης. Σύμφωνα με το ISO 31000, η διαχείριση κινδύνων αποτελεί συνεχή διαδικασία που περιλαμβάνει την αναγνώριση, την ανάλυση, την αξιολόγηση, την αντιμετώπιση και την παρακολούθηση των κινδύνων (ISO, 2018). Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία εξετάζει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης της συγκεκριμένης διαδικασίας στη συνολική παρακολούθηση ενός τεχνικού έργου.

Για την επίτευξη του βασικού σκοπού, τίθενται οι ακόλουθοι επιμέρους στόχοι:

- η αποσαφήνιση των βασικών εννοιών της αβεβαιότητας και του κινδύνου και η διερεύνηση της σημασίας τους στη διοίκηση τεχνικών έργων,
- η καταγραφή και κατηγοριοποίηση των κυριότερων κινδύνων που μπορεί να εμφανιστούν κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός τεχνικού έργου,
- η παρουσίαση και αξιοποίηση βασικών μεθόδων και εργαλείων αναγνώρισης, αξιολόγησης και αντιμετώπισης κινδύνων,
- η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ κινδύνων, χρονοδιαγράμματος και κόστους και της επίδρασης των κινδύνων στους βασικούς στόχους του έργου,
- η ανάδειξη της σημασίας της συνεχούς παρακολούθησης και επικαιροποίησης των κινδύνων κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης,
- η εφαρμογή της προτεινόμενης προσέγγισης σε παραμετροποιημένη μελέτη περίπτωσης οδικού έργου,
- και, τέλος, η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη χρησιμότητα της οργανωμένης διαχείρισης κινδύνων και τη συμβολή της στη βελτίωση της διοίκησης και παρακολούθησης τεχνικών έργων.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στον ρόλο του μηχανικού που ασχολείται με την παρακολούθηση συμβάσεων και τον χρονοπρογραμματισμό. Η έγκαιρη αναγνώριση αποκλίσεων, η αξιολόγηση των επιπτώσεών τους και η σύνδεσή τους με το χρονοδιάγραμμα, το κόστος και τις συμβατικές απαιτήσεις αποτελούν κρίσιμες λειτουργίες για την αποτελεσματική παρακολούθηση ενός έργου. Με τον τρόπο αυτό, η εργασία επιδιώκει να συνδυάσει τη θεωρητική προσέγγιση της διαχείρισης κινδύνων με την πρακτική εφαρμογή της στη διοίκηση και παρακολούθηση τεχνικών έργων.

1.3. Δομή της εργασίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από **επτά κεφάλαια**, τα οποία οργανώνονται με τρόπο ώστε να παρουσιάζεται αρχικά το θεωρητικό πλαίσιο της διαχείρισης αβεβαιότητας και κινδύνων στα τεχνικά έργα και στη συνέχεια να εξετάζεται η εφαρμογή της σχετικής προσέγγισης μέσω μελέτης περίπτωσης.

Στο **Κεφάλαιο 1** παρουσιάζονται το αντικείμενο, ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας, καθώς και η δομή της. Παράλληλα, προσδιορίζεται το γενικό πλαίσιο μέσα στο οποίο εντάσσεται η διαχείριση αβεβαιότητας και κινδύνων στη διοίκηση τεχνικών έργων.

Στο **Κεφάλαιο 2** αναπτύσσεται το θεωρητικό πλαίσιο της διαχείρισης τεχνικών έργων. Παρουσιάζονται βασικές έννοιες που σχετίζονται με τη διοίκηση, τον προγραμματισμό, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των έργων, με έμφαση στη σύνδεσή τους με τη διαχείριση κινδύνων.

Στο **Κεφάλαιο 3** εξετάζονται οι βασικότερες κατηγορίες κινδύνων που μπορεί να εμφανιστούν στα τεχνικά έργα. Ειδικότερα, αναλύονται οι τεχνικοί και σχεδιαστικοί κίνδυνοι, οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τον χρόνο και το κόστος, οι συμβατικοί, νομικοί και οργανωτικοί κίνδυνοι, καθώς και οι κίνδυνοι που προκύπτουν από εξωτερικούς, περιβαλλοντικούς, ανθρώπινους και παράγοντες υγείας και ασφάλειας.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται η διαδικασία διαχείρισης των κινδύνων στα τεχνικά έργα. Αναλύονται τα βασικά στάδια της αναγνώρισης, καταγραφής, αξιολόγησης, ιεράρχησης και αντιμετώπισης των κινδύνων, καθώς και η ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης και ελέγχου τους καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης του έργου.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται βασικά εργαλεία και τεχνικές για την αναγνώριση, αξιολόγηση και αντιμετώπιση των κινδύνων. Μεταξύ άλλων, εξετάζονται η ανάλυση SWOT, η μέθοδος Monte Carlo, το διάγραμμα πιθανότητας-επίπτωσης και ενδεικτικά λογισμικά που μπορούν να υποστηρίξουν τη διαχείριση κινδύνων και τον προγραμματισμό τεχνικών έργων.

Στο **Κεφάλαιο 6** πραγματοποιείται η μελέτη περίπτωσης ενός παραμετροποιημένου έργου κατασκευής και βελτίωσης οδικού άξονα. Αρχικά παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του έργου και στη συνέχεια εφαρμόζεται η διαδικασία αναγνώρισης, αξιολόγησης και αντιμετώπισης των κινδύνων. Παράλληλα, εξετάζονται οι επιπτώσεις των σημαντικότερων κινδύνων στο χρονοδιάγραμμα και στο κόστος, καθώς και ο τρόπος παρακολούθησης και ελέγχου τους κατά την εκτέλεση του έργου.

Στο **Κεφάλαιο 7**, το οποίο αποτελεί το τελικό κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τη θεωρητική και πρακτική διερεύνηση. Παράλληλα, αξιολογείται η συμβολή της διαχείρισης κινδύνων στη διοίκηση τεχνικών έργων, αναφέρονται οι βασικοί περιορισμοί της μελέτης και εξετάζονται οι προοπτικές και οι δυνατότητες περαιτέρω αξιοποίησης της προτεινόμενης προσέγγισης σε πραγματικά τεχνικά έργα.



«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη
Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Τέλος, παρατίθεται η **βιβλιογραφία** που χρησιμοποιήθηκε για τη θεωρητική τεκμηρίωση της εργασίας, καθώς και τα **παραρτήματα**, όπου περιλαμβάνεται υποστηρικτικό υλικό που συμπληρώνει την κύρια ανάπτυξη της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ

2.1. Εισαγωγή στη διαχείριση τεχνικών έργων.

Η διαχείριση έργων αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό τομέα της σύγχρονης διοίκησης, καθώς αφορά τον συστηματικό σχεδιασμό, την οργάνωση, τον συντονισμό και τον έλεγχο των απαιτούμενων ενεργειών για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Σύμφωνα με το Project Management Institute (PMI), ένα έργο χαρακτηρίζεται από προσωρινό χαρακτήρα και αποσκοπεί στη δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος, υπηρεσίας ή αποτελέσματος. Η προσωρινότητα και η μοναδικότητα διαφοροποιούν τα έργα από τις επαναλαμβανόμενες λειτουργικές δραστηριότητες ενός οργανισμού και δημιουργούν ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς τον σχεδιασμό και τη διοίκησή τους (Project Management Institute [PMI], 2021). Η διαχείριση έργων περιλαμβάνει, συνεπώς, την εφαρμογή γνώσεων, δεξιοτήτων, εργαλείων και τεχνικών στις επιμέρους δραστηριότητες ενός έργου, με σκοπό την ικανοποίηση των απαιτήσεων και την επίτευξη των επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων.

Στο πλαίσιο των τεχνικών έργων, η διαχείριση έργων αποκτά ιδιαίτερη σημασία λόγω της πολυπλοκότητας και της αλληλεξάρτησης των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την υλοποίησή τους. Τα τεχνικά και κατασκευαστικά έργα περιλαμβάνουν συνήθως μεγάλο αριθμό εμπλεκόμενων φορέων, όπως κύριους του έργου, μελετητές, αναδόχους, υπεργολάβους, προμηθευτές, δημόσιες υπηρεσίες και άλλους ενδιαφερόμενους. Παράλληλα, χαρακτηρίζονται από σημαντικές απαιτήσεις σε ανθρώπινους, υλικούς, οικονομικούς και τεχνικούς πόρους. Η ανάγκη συντονισμού όλων των παραπάνω παραμέτρων καθιστά τη διαχείριση τεχνικών έργων μια σύνθετη διαδικασία, η οποία απαιτεί συστηματικό προγραμματισμό και συνεχή παρακολούθηση (ISO, 2020).

Το ISO 21502:2020 επισημαίνει ότι οι αρχές και οι πρακτικές της διαχείρισης έργων μπορούν να εφαρμοστούν σε έργα διαφορετικού μεγέθους, πολυπλοκότητας, διάρκειας και κόστους. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα τεχνικά έργα, καθώς κάθε έργο παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά, απαιτήσεις και περιορισμούς. Συνεπώς, οι μέθοδοι και τα εργαλεία διαχείρισης δεν μπορούν να εφαρμόζονται με απόλυτα τυποποιημένο τρόπο, αλλά θα πρέπει να προσαρμόζονται στις ιδιαίτερες συνθήκες και στις ανάγκες κάθε έργου (International Organization for Standardization [ISO], 2020).

Βασική επιδίωξη της διαχείρισης ενός τεχνικού έργου είναι η επίτευξη των καθορισμένων στόχων μέσα στους προβλεπόμενους περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί σχετίζονται κυρίως με το αντικείμενο του έργου, τον χρόνο, το κόστος και την ποιότητα. Η μεταξύ τους αλληλεπίδραση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς μία μεταβολή σε μία από τις συγκεκριμένες παραμέτρους μπορεί να επηρεάσει τις υπόλοιπες. Για παράδειγμα, μία καθυστέρηση στην ολοκλήρωση μιας κρίσιμης δραστηριότητας μπορεί να οδηγήσει σε παράταση της συνολικής διάρκειας του έργου και, παράλληλα, σε αύξηση του κόστους. Αντίστοιχα, η προσπάθεια περιορισμού του κόστους μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα πόρων ή την ποιότητα των εργασιών. Για τον λόγο αυτό, η διαχείριση έργων απαιτεί συνεχή αξιολόγηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των βασικών παραμέτρων του έργου (PMI, 2021).

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία στη διαχείριση τεχνικών έργων είναι ο χρονοπρογραμματισμός. Μέσω του χρονοπρογραμματισμού προσδιορίζονται οι δραστηριότητες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου, η αλληλουχία και η διάρκεια τους, καθώς και οι απαιτούμενοι πόροι. Η αποτελεσματικότητα του χρονοπρογραμματισμού επηρεάζει σημαντικά τη δυνατότητα έγκαιρης ολοκλήρωσης του έργου. Ωστόσο, η πραγματική διάρκεια των δραστηριοτήτων δεν είναι πάντοτε δυνατό να προβλεφθεί με απόλυτη ακρίβεια, καθώς επηρεάζεται από τεχνικούς, οργανωτικούς, οικονομικούς και εξωτερικούς παράγοντες. Η αβεβαιότητα αυτή αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων και συνδέεται άμεσα με τη διαχείριση κινδύνων (Taroun, 2014).

Παράλληλα, η αποτελεσματική διαχείριση των διαθέσιμων πόρων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχή υλοποίηση ενός τεχνικού έργου. Οι πόροι περιλαμβάνουν το ανθρώπινο δυναμικό, τα υλικά, τον εξοπλισμό, τους οικονομικούς πόρους και τον διαθέσιμο χρόνο. Η κατανομή και ο συντονισμός των πόρων πρέπει να πραγματοποιούνται με τρόπο που να υποστηρίζει την ομαλή εκτέλεση των δραστηριοτήτων και την επίτευξη των στόχων του έργου. Ελλείψεις ή καθυστερήσεις στη διαθεσιμότητα πόρων μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο χρονοδιάγραμμα και στο κόστος, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την έγκαιρη αναγνώριση και παρακολούθηση σχετικών προβλημάτων.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των τεχνικών έργων είναι η παρουσία σημαντικού βαθμού αβεβαιότητας. Η αβεβαιότητα μπορεί να προέρχεται από εσωτερικούς παράγοντες, όπως η οργανωτική πολυπλοκότητα, η διαθεσιμότητα πόρων και η τεχνική πολυπλοκότητα, αλλά και από εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι συνθήκες της αγοράς, οι καιρικές συνθήκες, οι μεταβολές στο θεσμικό πλαίσιο, οι εφοδιαστικές αλυσίδες και οι απαιτήσεις τρίτων φορέων. Σύγχρονη βιβλιογραφική έρευνα επιβεβαιώνει ότι οι πηγές αβεβαιότητας στα κατασκευαστικά έργα είναι τόσο εσωτερικές όσο και εξωτερικές και ότι η αντιμετώπισή τους αποτελεί σημαντική πρόκληση για τον χρονοπρογραμματισμό και τη λήψη αποφάσεων (Ward & Chapman, 2003).

Στο πλαίσιο αυτό, η διαχείριση κινδύνων αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαχείρισης τεχνικών έργων. Σύμφωνα με το ISO 31000, ο κίνδυνος συνδέεται με την επίδραση της αβεβαιότητας στους στόχους, ενώ η διαχείριση κινδύνων περιλαμβάνει συντονισμένες δραστηριότητες για την καθοδήγηση και τον έλεγχο ενός οργανισμού σε σχέση με τον κίνδυνο (ISO, 2018). Η προσέγγιση αυτή αναδεικνύει τη στενή σχέση μεταξύ αβεβαιότητας και κινδύνου και υπογραμμίζει την ανάγκη ενσωμάτωσης της διαχείρισης κινδύνων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Στα τεχνικά έργα, οι κίνδυνοι μπορούν να επηρεάσουν διαφορετικές διαστάσεις της απόδοσης, όπως το κόστος, το χρονοδιάγραμμα, την ποιότητα, την ασφάλεια και την περιβαλλοντική επίδοση. Η διεθνής βιβλιογραφία αναγνωρίζει ότι οι κίνδυνοι εμφανίζονται σε όλες σχεδόν τις φάσεις του κύκλου ζωής ενός κατασκευαστικού έργου και ότι η αποτελεσματική διαχείρισή τους αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επίτευξη των στόχων του έργου (Taroun, 2014). Επομένως, η διαχείριση κινδύνων δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μία μεμονωμένη διαδικασία, αλλά ως συνεχής δραστηριότητα που ενσωματώνεται στον σχεδιασμό, την κατασκευή, την παρακολούθηση και τον έλεγχο του έργου.

Η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την αναγνώριση των πιθανών κινδύνων, την αξιολόγηση της πιθανότητας εμφάνισής τους και των επιπτώσεών τους, τον σχεδιασμό κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης και τη συνεχή παρακολούθησή τους. Η συστηματική εφαρμογή των διαδικασιών αυτών μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα της ομάδας έργου να προβλέπει πιθανές αποκλίσεις και να λαμβάνει έγκαιρα διορθωτικά ή προληπτικά μέτρα. Ερευνητικά ευρήματα στον τομέα των κατασκευών δείχνουν ότι πρακτικές όπως η αναγνώριση, η παρακολούθηση και η πρόληψη των κινδύνων συνδέονται με την επιτυχή επίδοση των έργων (Kallowa et al., 2023).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εξέλιξη των εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας. Εκτός από τις παραδοσιακές ποιοτικές μεθόδους, όπως η αξιολόγηση πιθανότητας και επίπτωσης, έχουν αναπτυχθεί ποσοτικές προσεγγίσεις και τεχνικές προσομοίωσης. Η ανάλυση Monte Carlo, για παράδειγμα, έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων σε μεγάλα κατασκευαστικά έργα, καθώς επιτρέπει την εκτίμηση πιθανών αποκλίσεων από τους στόχους του έργου και την αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων (Zou et al., 2020). Παράλληλα, η σύγχρονη έρευνα εξετάζει την αξιοποίηση ψηφιακών τεχνολογιών και τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης για την υποστήριξη της αναγνώρισης, πρόβλεψης και διαχείρισης κινδύνων στον κατασκευαστικό τομέα (Tian et al., 2025).

Συνεπώς, η διαχείριση τεχνικών έργων αποτελεί μία δυναμική διαδικασία, η οποία δεν περιορίζεται στον αρχικό σχεδιασμό και στον έλεγχο της εκτέλεσης των εργασιών. Περιλαμβάνει τη συνεχή αξιολόγηση των δεδομένων του έργου, την παρακολούθηση των μεταβολών του περιβάλλοντος, τη διαχείριση των πόρων, τον συντονισμό των εμπλεκόμενων μερών και, ιδιαίτερα, την αντιμετώπιση των αβεβαιοτήτων και των κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν την επίτευξη των στόχων. Η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των παραμέτρων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη βελτίωση της απόδοσης και της αξιοπιστίας των τεχνικών έργων.

2.2. Σημασία της διαχείρισης κινδύνων στα Τεχνικά έργα.

Η διαχείριση κινδύνων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες της σύγχρονης διοίκησης τεχνικών έργων, καθώς η υλοποίηση ενός έργου πραγματοποιείται σε ένα περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα, πολυπλοκότητα και μεταβολές. Κάθε τεχνικό έργο, ανεξάρτητα από το μέγεθος και το αντικείμενό του, επηρεάζεται από παράγοντες που είναι δυνατό να μεταβάλουν τις αρχικές παραδοχές του σχεδιασμού και να επηρεάσουν την επίτευξη των στόχων του. Σύμφωνα με το ISO 21502:2020, η διοίκηση ενός έργου περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, την παρακολούθηση, τον έλεγχο, τη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και τον συντονισμό των εμπλεκόμενων με σκοπό την επίτευξη των στόχων του έργου (ISO, 2020). Στο πλαίσιο αυτό, η διαχείριση των κινδύνων δεν αποτελεί μία μεμονωμένη δραστηριότητα, αλλά εντάσσεται στο συνολικό σύστημα διοίκησης του έργου.

Η ιδιαίτερη σημασία της διαχείρισης κινδύνων στα τεχνικά έργα συνδέεται αρχικά με τη δυνατότητα έγκαιρου εντοπισμού των παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την εξέλιξη του έργου. Οι κίνδυνοι μπορεί να αφορούν το κόστος, το χρονοδιάγραμμα, την ποιότητα,

την ασφάλεια, τη διαθεσιμότητα των πόρων, τις προμήθειες, τις συμβατικές υποχρεώσεις, τις τεχνικές λύσεις και τις σχέσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Η έγκαιρη αναγνώριση αυτών των παραγόντων επιτρέπει στη διοίκηση του έργου να αξιολογήσει τις πιθανές επιπτώσεις και να σχεδιάσει κατάλληλες ενέργειες αντιμετώπισης, αντί να περιορίζεται σε εκ των υστέρων αντιδράσεις όταν ο κίνδυνος έχει ήδη εκδηλωθεί (PMI, 2021).

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η σχέση μεταξύ διαχείρισης κινδύνων και επίτευξης των βασικών στόχων ενός τεχνικού έργου. Ο Πολύζος (2018) επισημαίνει τη σημασία της ολοκλήρωσης ενός έργου στον βέλτιστο χρόνο, με το μικρότερο δυνατό κόστος και με την απαιτούμενη ποιότητα. Οι τρεις αυτές διαστάσεις συνδέονται μεταξύ τους και οποιαδήποτε σημαντική απόκλιση σε μία από αυτές μπορεί να επηρεάσει συνολικά την απόδοση του έργου. Για παράδειγμα, μία καθυστέρηση στην προμήθεια βασικού εξοπλισμού μπορεί να οδηγήσει σε παράταση δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος, αύξηση του κόστους προσωπικού και μηχανημάτων και, τελικά, σε οικονομικές ή συμβατικές επιβαρύνσεις. Επομένως, η αναγνώριση και αξιολόγηση των σχετικών κινδύνων κατά το στάδιο του προγραμματισμού μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη ή στον περιορισμό των συνεπειών τους.

Η διαχείριση κινδύνων αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία λόγω της αλληλεξάρτησης των δραστηριοτήτων ενός τεχνικού έργου. Στα σύνθετα έργα, μία μεταβολή σε μία δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει διαδοχικά άλλες δραστηριότητες και να προκαλέσει σημαντικές αποκλίσεις από το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Για τον λόγο αυτό, ο προγραμματισμός δεν μπορεί να αντιμετωπίζεται ως στατικό εργαλείο. Απαιτείται συνεχής παρακολούθηση της πραγματικής προόδου και σύγκριση των πραγματικών δεδομένων με τις προγραμματισμένες τιμές. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται άμεσα με τη διοίκηση και τον έλεγχο του έργου, όπως αναλύεται στο πλαίσιο της διοίκησης έργων από τον Πολύζο (2018) και στις σύγχρονες κατευθύνσεις του ISO 21502:2020.

Παράλληλα, η διαχείριση κινδύνων συμβάλλει στη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Η ύπαρξη ενός οργανωμένου συστήματος καταγραφής και αξιολόγησης των κινδύνων επιτρέπει στον υπεύθυνο του έργου να διαθέτει πληρέστερη εικόνα σχετικά με τις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις. Το PMBOK Guide υπογραμμίζει την ανάγκη προσαρμογής των πρακτικών διοίκησης στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε έργου, λαμβάνοντας υπόψη το περιβάλλον, την πολυπλοκότητα, τους διαθέσιμους πόρους και τις απαιτήσεις των ενδιαφερόμενων μερών (PMI, 2021). Συνεπώς, η διαχείριση κινδύνων αποτελεί μηχανισμό υποστήριξης της διοικητικής απόφασης και όχι απλώς διαδικασία καταγραφής πιθανών προβλημάτων.

Σημαντικός είναι επίσης ο ρόλος της διαχείρισης κινδύνων στη διαχείριση του κόστους. Τα τεχνικά έργα χαρακτηρίζονται από σημαντικές οικονομικές απαιτήσεις και από την ανάγκη ελέγχου των δαπανών καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησής τους. Μεταβολές στις τιμές των υλικών, αυξήσεις του κόστους εργασίας, καθυστερήσεις, αλλαγές σχεδιασμού, απρόβλεπτες τεχνικές δυσκολίες και απαιτήσεις πρόσθετων εργασιών μπορούν να δημιουργήσουν αποκλίσεις από τον αρχικό προϋπολογισμό. Η συστηματική αναγνώριση τέτοιων παραγόντων επιτρέπει την πρόβλεψη πιθανών οικονομικών επιπτώσεων και τη δημιουργία κατάλληλων αποθεμάτων ή εναλλακτικών σεναρίων αντιμετώπισης (Πολύζος, 2018· ISO, 2018).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η σύνδεση της διαχείρισης κινδύνων με τον χρονοπρογραμματισμό των τεχνικών έργων. Το χρονοδιάγραμμα αποτελεί βασικό εργαλείο ελέγχου της προόδου, καθώς προσδιορίζει τη χρονική αλληλουχία των δραστηριοτήτων, τις απαιτούμενες διάρκειες και τις μεταξύ τους εξαρτήσεις. Ωστόσο, οι διάρκειες των δραστηριοτήτων δεν είναι πάντοτε γνωστές με απόλυτη ακρίβεια. Οι καιρικές συνθήκες, η διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού, η παραγωγικότητα, οι καθυστερήσεις προμηθειών και οι τεχνικές μεταβολές μπορούν να προκαλέσουν αποκλίσεις από τις αρχικές εκτιμήσεις. Επομένως, η διαχείριση της αβεβαιότητας του χρονοδιαγράμματος αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της συνολικής διαχείρισης κινδύνων.

Η ελληνική πραγματικότητα αναδεικνύει την ανάγκη για συστηματική και οργανωμένη προσέγγιση στη διαχείριση κινδύνων των τεχνικών έργων. Η αποτελεσματική διοίκηση ενός έργου προϋποθέτει την έγκαιρη αναγνώριση των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή εξέλιξή του, καθώς και τη συνεχή παρακολούθηση των επιπτώσεών τους στον χρόνο, στο κόστος και στην ποιότητα. Ο Πολύζος (2018) επισημαίνει τη σημασία της οργανωμένης διοίκησης και του ελέγχου των επιμέρους παραμέτρων ενός τεχνικού έργου, ενώ η διαχείριση κινδύνων αποτελεί βασικό στοιχείο για τον περιορισμό των αποκλίσεων και τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης του έργου. Παράλληλα, η διεθνής βιβλιογραφία υπογραμμίζει ότι οι κατασκευαστικοί κίνδυνοι συνδέονται με ένα ευρύ φάσμα τεχνικών, οικονομικών, οργανωτικών και εξωτερικών παραγόντων, γεγονός που καθιστά αναγκαία την ολοκληρωμένη προσέγγισή τους (Targoun, 2014). Στο ίδιο πλαίσιο, η εφαρμογή οργανωμένων διαδικασιών αναγνώρισης, αξιολόγησης και αντιμετώπισης των κινδύνων, σύμφωνα με τις αρχές του ISO 31000, μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της διαχείρισης των κατασκευαστικών έργων (Sousa et al., 2012). Από την πλευρά της διοίκησης των πόρων, η διαχείριση κινδύνων επιτρέπει την καλύτερη προετοιμασία για πιθανές μεταβολές στη διαθεσιμότητα ανθρώπινου δυναμικού, μηχανημάτων, υλικών και οικονομικών πόρων. Ο Πολύζος (2018) αντιμετωπίζει τη διοίκηση των έργων ως ένα σύνολο αλληλένδετων διαδικασιών στις οποίες ο προγραμματισμός, η οργάνωση και ο έλεγχος των πόρων έχουν καθοριστική σημασία. Επομένως, η αξιολόγηση των κινδύνων πρέπει να συνδέεται με τον προγραμματισμό των πόρων και όχι να αποτελεί ξεχωριστή διαδικασία.

Ένα ακόμη σημαντικό όφελος της διαχείρισης κινδύνων είναι η ενίσχυση της οργανωσιακής γνώσης. Η συστηματική καταγραφή των κινδύνων που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση ενός έργου, των αιτιών τους, των συνεπειών τους και των μέτρων αντιμετώπισής τους δημιουργεί μια βάση γνώσης που μπορεί να αξιοποιηθεί σε μελλοντικά έργα. Με αυτόν τον τρόπο, η εμπειρία από προηγούμενα έργα μετατρέπεται σε οργανωσιακή γνώση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση των μελλοντικών εκτιμήσεων χρόνου, κόστους και απαιτούμενων πόρων.

2.3. Έννοια της αβεβαιότητας και του ρίσκου.

Η αβεβαιότητα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των τεχνικών έργων, καθώς κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίησή τους δεν είναι δυνατό να είναι γνωστές με απόλυτη ακρίβεια όλες οι μελλοντικές συνθήκες. Παράγοντες όπως η διάρκεια των εργασιών, η διαθεσιμότητα των πόρων, οι καιρικές συνθήκες, οι τιμές των υλικών, οι απαιτήσεις του έργου και οι συνθήκες της αγοράς είναι δυνατό να μεταβληθούν και να επηρεάσουν την πορεία του έργου. Σύμφωνα με τους

Ward και Chapman (2003), η αβεβαιότητα συνδέεται με την περιορισμένη δυνατότητα πρόβλεψης των μελλοντικών καταστάσεων και αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της διοίκησης των έργων.

Στον προγραμματισμό και στη διοίκηση τεχνικών έργων, η αβεβαιότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς οι αρχικές εκτιμήσεις για τον χρόνο, το κόστος και τους απαιτούμενους πόρους βασίζονται σε δεδομένα και παραδοχές που ενδέχεται να διαφοροποιηθούν κατά την εκτέλεση του έργου. Ο Πολύζος (2018) επισημαίνει τη σημασία του ορθού προγραμματισμού, της οργάνωσης και του ελέγχου των έργων, διαδικασίες οι οποίες απαιτούν συνεχή προσαρμογή στις πραγματικές συνθήκες υλοποίησης.

Το ρίσκο ή κίνδυνος, από την άλλη πλευρά, συνδέεται άμεσα με την αβεβαιότητα και αφορά την πιθανή επίδρασή της στους στόχους του έργου. Σύμφωνα με το ISO 31000:2018, ο κίνδυνος ορίζεται ως η «επίδραση της αβεβαιότητας στους στόχους» (ISO, 2018). Οι στόχοι αυτοί μπορεί να αφορούν τον χρόνο ολοκλήρωσης, το κόστος, την ποιότητα, την ασφάλεια ή οποιαδήποτε άλλη απαίτηση του έργου.

Επομένως, η βασική διαφορά μεταξύ των δύο εννοιών είναι ότι η αβεβαιότητα αναφέρεται στην έλλειψη πλήρους γνώσης ή προβλεψιμότητας, ενώ το ρίσκο αφορά την επίδραση που μπορεί να έχει αυτή η αβεβαιότητα στους στόχους του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

3.1. Τεχνικοί και σχεδιαστικοί κίνδυνοι.

Οι τεχνικοί και σχεδιαστικοί κίνδυνοι αποτελούν μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες κινδύνων στα τεχνικά έργα, καθώς συνδέονται άμεσα με τον σχεδιασμό, τη μελέτη και τις τεχνικές απαιτήσεις του έργου. Η ποιότητα και η πληρότητα των μελετών επηρεάζουν σημαντικά τόσο την ομαλή κατασκευή όσο και την επίτευξη των στόχων του έργου ως προς τον χρόνο, το κόστος και την ποιότητα (Πολύζος, 2018).

Στους συγκεκριμένους κινδύνους περιλαμβάνονται σφάλματα ή παραλείψεις στις μελέτες, ανεπαρκή τεχνικά δεδομένα, αστοχίες στον σχεδιασμό και ελλιπής διερεύνηση των πραγματικών συνθηκών του έργου. Ιδιαίτερα σε σύνθετα τεχνικά έργα, η αδυναμία πλήρους αποτύπωσης των υφιστάμενων συνθηκών μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτες τεχνικές δυσκολίες κατά τη φάση της κατασκευής (Taroun, 2014).

Επιπλέον, σημαντική πηγή κινδύνου αποτελούν οι αλλαγές στον σχεδιασμό ή στις τεχνικές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια υλοποίησης του έργου. Τέτοιες αλλαγές είναι δυνατό να προκαλέσουν τροποποιήσεις στις εργασίες, πρόσθετες απαιτήσεις σε πόρους και καθυστερήσεις, επηρεάζοντας τελικά το συνολικό κόστος και το χρονοδιάγραμμα.

3.2. Κίνδυνοι χρόνου και κόστους.

Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τον χρόνο και το κόστος αποτελούν σημαντική κατηγορία κινδύνων στα τεχνικά έργα, καθώς επηρεάζουν άμεσα την επίτευξη των βασικών στόχων του έργου. Η τήρηση του εγκεκριμένου χρονοδιαγράμματος και του προϋπολογισμού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχή ολοκλήρωση ενός έργου, ενώ οι αποκλίσεις από αυτούς μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές οικονομικές και οργανωτικές επιπτώσεις (Πολύζος, 2018).

Οι κίνδυνοι χρόνου αφορούν κυρίως καθυστερήσεις στην εκτέλεση των εργασιών, οι οποίες μπορεί να προκύψουν από προβλήματα στον προγραμματισμό, καθυστερήσεις προμηθειών, περιορισμένη διαθεσιμότητα πόρων, χαμηλή παραγωγικότητα ή απρόβλεπτες συνθήκες κατά την κατασκευή. Μία καθυστέρηση σε μία κρίσιμη δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει και τις επόμενες δραστηριότητες του έργου, προκαλώντας συνολική μετατόπιση της ημερομηνίας ολοκλήρωσης (Ward & Chapman, 2003).

Παράλληλα, σημαντικοί είναι οι κίνδυνοι που αφορούν το κόστος του έργου. Αυτοί μπορεί να συνδέονται με λανθασμένες αρχικές εκτιμήσεις, μεταβολές στις τιμές των υλικών και της εργασίας, πρόσθετες εργασίες, αλλαγές στον σχεδιασμό ή καθυστερήσεις που αυξάνουν το συνολικό κόστος κατασκευής. Σε περιόδους έντονων μεταβολών της αγοράς, η αβεβαιότητα στις τιμές των βασικών συντελεστών παραγωγής μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τον αρχικό προϋπολογισμό του έργου (Taroun, 2014).

Ο χρόνος και το κόστος είναι παράμετροι που συνδέονται μεταξύ τους. Μία σημαντική καθυστέρηση είναι δυνατό να οδηγήσει σε πρόσθετες δαπάνες λόγω παράτασης της απασχόλησης προσωπικού και εξοπλισμού, αύξησης των γενικών εξόδων ή ανάγκης λήψης πρόσθετων μέτρων για την επιτάχυνση των εργασιών.

3.3. Συμβατικοί, νομικοί και οργανωτικοί κίνδυνοι.

Η υλοποίηση ενός τεχνικού έργου πραγματοποιείται μέσα σε ένα σύνθετο συμβατικό και οργανωτικό πλαίσιο, στο οποίο συμμετέχουν διαφορετικοί φορείς, επαγγελματίες και ομάδες με διακριτές αρμοδιότητες και υποχρεώσεις. Η συνεργασία μεταξύ του κυρίου του έργου, του αναδόχου, των μελετητών, των υπεργολάβων και των προμηθευτών απαιτεί σαφείς κανόνες, αποτελεσματική επικοινωνία και κατάλληλο συντονισμό. Προβλήματα σε οποιοδήποτε από τα παραπάνω επίπεδα μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή εξέλιξη του έργου (Πολύζος, 2018).

Οι συμβατικοί κίνδυνοι σχετίζονται κυρίως με τους όρους και τις υποχρεώσεις που περιλαμβάνονται στη σύμβαση του έργου. Ασάφειες στις τεχνικές προδιαγραφές, ελλιπής προσδιορισμός των υποχρεώσεων των συμβαλλόμενων μερών ή διαφορετικές ερμηνείες των συμβατικών όρων μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του έργου. Ιδιαίτερα σε σύνθετα τεχνικά έργα, όπου οι συμβατικές απαιτήσεις είναι πολλές και αλληλένδετες, η σαφής διατύπωση των όρων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον περιορισμό των αμφισβητήσεων.

Σημαντική πηγή κινδύνου αποτελούν επίσης οι μεταβολές του αντικείμενου της σύμβασης κατά τη διάρκεια υλοποίησης του έργου. Τροποποιήσεις μελετών, πρόσθετες εργασίες, αλλαγές τεχνικών απαιτήσεων ή διαφοροποιήσεις στις ποσότητες μπορούν να επηρεάσουν τόσο τις υποχρεώσεις των συμβαλλόμενων μερών όσο και το κόστος και το χρονοδιάγραμμα. Η διαχείριση αυτών των μεταβολών απαιτεί κατάλληλη τεκμηρίωση και συντονισμό, ώστε να περιορίζονται οι πιθανότητες δημιουργίας διαφορών μεταξύ των εμπλεκόμενων (Πολύζος, 2018).

Στο ίδιο πλαίσιο εντάσσονται οι απαιτήσεις και διεκδικήσεις (claims) που μπορεί να προκύψουν κατά την εκτέλεση της σύμβασης. Οι απαιτήσεις αυτές μπορεί να συνδέονται με καθυστερήσεις, αλλαγές στο αντικείμενο του έργου, πρόσθετες εργασίες ή γεγονότα που επηρεάζουν τις συμβατικές υποχρεώσεις. Η έγκαιρη αναγνώριση και τεκμηρίωσή τους είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η μη επαρκής τεκμηρίωση μπορεί να δυσχεράνει την επίλυσή τους και να οδηγήσει σε οικονομικές επιβαρύνσεις ή διαφωνίες μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών.

Παράλληλα, η εκτέλεση των τεχνικών έργων επηρεάζεται από το νομικό και κανονιστικό πλαίσιο που διέπει τη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Μεταβολές στη νομοθεσία, στις απαιτήσεις αδειοδότησης, στους κανονισμούς κατασκευής ή στις διαδικασίες δημοσίων συμβάσεων μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο υλοποίησης ενός έργου. Επιπλέον, η μη συμμόρφωση με τις ισχύουσες απαιτήσεις μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις, πρόσθετες δαπάνες ή ανάγκη τροποποίησης συγκεκριμένων εργασιών (ISO, 2018).

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα αφορά τον οργανωτικό τρόπο λειτουργίας του έργου. Η αποτελεσματικότητα της διοίκησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σαφή κατανομή αρμοδιοτήτων, τη ροή των πληροφοριών και τον συντονισμό των εμπλεκόμενων μερών. Ανεπαρκής επικοινωνία, καθυστερήσεις στη λήψη αποφάσεων, ασαφείς ρόλοι ή ελλιπής συντονισμός μπορούν να οδηγήσουν σε λανθασμένες ενέργειες, επαναλήψεις εργασιών και καθυστερήσεις.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Η καθημερινή λειτουργία ενός τεχνικού έργου απαιτεί τη μεταφορά τεχνικών, οικονομικών και συμβατικών πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών ομάδων. Η καθυστέρηση στη μετάδοση μιας κρίσιμης πληροφορίας ή η διαφορετική ερμηνεία μιας τεχνικής οδηγίας μπορεί να επηρεάσει την εξέλιξη των εργασιών. Για τον λόγο αυτό, η ύπαρξη σαφών διαδικασιών επικοινωνίας και αναφοράς αποτελεί βασικό στοιχείο της αποτελεσματικής οργάνωσης του έργου.

Επιπλέον, οργανωτικός κίνδυνος μπορεί να προκύψει από ανεπαρκή στελέχωση ή έλλειψη κατάλληλου εξειδικευμένου προσωπικού. Η παρακολούθηση ενός τεχνικού έργου απαιτεί προσωπικό με κατάλληλες τεχνικές και διοικητικές γνώσεις, ιδιαίτερα σε θέματα προγραμματισμού, συμβάσεων, κόστους και ελέγχου της προόδου. Η έλλειψη των απαραίτητων δεξιοτήτων μπορεί να περιορίσει την ικανότητα του φορέα υλοποίησης να εντοπίζει έγκαιρα προβλήματα και να λαμβάνει αποτελεσματικές αποφάσεις.

Οι συγκεκριμένοι κίνδυνοι συνδέονται άμεσα και με τις υπόλοιπες παραμέτρους του έργου. Μία συμβατική διαφωνία μπορεί να προκαλέσει καθυστέρηση εργασιών, ενώ μία αλλαγή στο αντικείμενο μπορεί να δημιουργήσει πρόσθετο κόστος. Αντίστοιχα, η ανεπαρκής οργάνωση ή ο κακός συντονισμός μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια πόρων και μειωμένη παραγωγικότητα. Επομένως, η αντιμετώπισή τους απαιτεί συνολική θεώρηση και όχι απομονωμένη εξέταση κάθε επιμέρους προβλήματος.

3.4. Κίνδυνοι από εξωτερικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Η εκτέλεση ενός τεχνικού έργου δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τις αποφάσεις και τις ενέργειες των συμμετεχόντων σε αυτό. Το έργο υλοποιείται μέσα σε ένα ευρύτερο φυσικό, οικονομικό, κοινωνικό και θεσμικό περιβάλλον, το οποίο μπορεί να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Οι μεταβολές αυτές είναι δυνατό να επηρεάσουν τον προγραμματισμό, το κόστος και τις συνθήκες εκτέλεσης των εργασιών και, επομένως, αποτελούν σημαντική πηγή αβεβαιότητας για τη διοίκηση του έργου (Πολύζος, 2018).

Ένας από τους σημαντικότερους εξωτερικούς παράγοντες είναι οι καιρικές συνθήκες. Έντονες βροχοπτώσεις, υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, ισχυροί άνεμοι, χιονοπτώσεις ή άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα μπορούν να περιορίσουν ή ακόμη και να διακόψουν προσωρινά την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών. Η επίδραση των καιρικών συνθηκών εξαρτάται από το είδος του έργου, τη γεωγραφική του θέση και τη φύση των εργασιών. Για παράδειγμα, χωματουργικές,

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

σκυροδετικές ή υπαίθριες εργασίες μπορεί να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν επίσης οι γεωτεχνικές και γεωλογικές συνθήκες που συναντώνται κατά την κατασκευή. Παρά την πραγματοποίηση γεωτεχνικών ερευνών πριν από την έναρξη ενός έργου, δεν είναι πάντοτε δυνατό να αποτυπωθούν με απόλυτη ακρίβεια όλες οι πραγματικές συνθήκες του υπεδάφους. Η εμφάνιση διαφορετικών γεωλογικών στρώσεων, υπόγειων υδάτων ή άλλων απρόβλεπτων συνθηκών μπορεί να απαιτήσει αλλαγές στις τεχνικές λύσεις και να επηρεάσει τόσο τη διάρκεια όσο και το κόστος των εργασιών (Ταρουπ, 2014).

Στην ίδια κατηγορία εντάσσονται οι φυσικές καταστροφές και τα ακραία φυσικά φαινόμενα, όπως σεισμοί, πλημμύρες, κατολισθήσεις και πυρκαγιές. Ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια του φαινομένου, μπορεί να προκληθούν ζημιές σε κατασκευές, εξοπλισμό ή προσωρινές εγκαταστάσεις, αλλά και σημαντικές διακοπές στην παραγωγική διαδικασία. Οι συνέπειες τέτοιων γεγονότων μπορεί να επεκταθούν πέρα από το εργοτάξιο, επηρεάζοντας την πρόσβαση, τις προμήθειες και τη διαθεσιμότητα των απαραίτητων πόρων.

Παράλληλα, τα τεχνικά έργα επηρεάζονται από το θεσμικό και οικονομικό περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιούνται. Μεταβολές στη νομοθεσία, στις διαδικασίες αδειοδότησης ή στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις μπορεί να δημιουργήσουν πρόσθετες υποχρεώσεις για το έργο. Ενδεχόμενες αλλαγές στις απαιτήσεις αυτές κατά τη διάρκεια της κατασκευής είναι δυνατό να οδηγήσουν σε τροποποίηση μελετών, αλλαγή μεθόδων κατασκευής ή πρόσθετες εργασίες.

Ακόμη, οι οικονομικές συνθήκες και οι μεταβολές της αγοράς μπορούν να επηρεάσουν την πορεία ενός έργου. Μεταβολές στις τιμές των πρώτων υλών, στην ενέργεια, στις μεταφορές ή στη διαθεσιμότητα συγκεκριμένων υλικών μπορούν να αυξήσουν το κόστος κατασκευής. Παράλληλα, προβλήματα στην εφοδιαστική αλυσίδα ή περιορισμένη διαθεσιμότητα υλικών και εξοπλισμού μπορεί να προκαλέσουν καθυστερήσεις στις εργασίες. Η επίδραση τέτοιων παραγόντων έχει ιδιαίτερη σημασία σε έργα μεγάλης διάρκειας, όπου οι συνθήκες της αγοράς μπορεί να μεταβληθούν σημαντικά από τον αρχικό σχεδιασμό έως την ολοκλήρωση του έργου.

Επιπλέον, σε ορισμένα τεχνικά έργα σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι κοινωνικοί παράγοντες. Αντιδράσεις κατοίκων, τοπικών φορέων ή άλλων ενδιαφερόμενων μερών μπορεί να επηρεάσουν την υλοποίηση ενός έργου, ιδιαίτερα όταν αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην περιοχή όπου κατασκευάζεται. Προβλήματα αποδοχής του έργου, διαμαρτυρίες ή καθυστερήσεις στη λήψη απαιτούμενων εγκρίσεων μπορούν να επηρεάσουν το χρονοδιάγραμμα και να δημιουργήσουν πρόσθετες απαιτήσεις για τον φορέα υλοποίησης.

Οι εξωτερικοί και περιβαλλοντικοί κίνδυνοι παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν μπορούν να ελεγχθούν άμεσα από τη διοίκηση του έργου. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την παρακολούθηση. Η αναγνώριση των πιθανών εξωτερικών παραγόντων, η αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεών τους και η κατάλληλη προετοιμασία μπορούν να περιορίσουν τις συνέπειες που θα προκύψουν σε περίπτωση εκδήλωσής τους (ISO, 2018).

Εν κατακλείδι, οι εξωτερικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες αποτελούν σημαντική πηγή αβεβαιότητας στην υλοποίηση των τεχνικών έργων.

3.5. Κίνδυνοι υγείας, ασφάλειας και ανθρώπινου παράγοντα.

Η ανθρώπινη παρουσία αποτελεί βασικό στοιχείο στην υλοποίηση κάθε τεχνικού έργου, καθώς η εκτέλεση των εργασιών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το προσωπικό, τους υπεργολάβους και τους υπόλοιπους επαγγελματίες που συμμετέχουν σε αυτό. Ιδιαίτερα στο εργοτάξιο, οι εργαζόμενοι έρχονται καθημερινά σε επαφή με μηχανήματα, υλικά, εξοπλισμό και διαφορετικές συνθήκες εργασίας, γεγονός που δημιουργεί κινδύνους για την υγεία και την ασφάλειά τους. Παράλληλα, ο ανθρώπινος παράγοντας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ομαλή και αποτελεσματική εξέλιξη του έργου.

Οι κίνδυνοι υγείας και ασφάλειας συνδέονται με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιούνται οι εργασίες και μπορεί να οδηγήσουν σε εργατικά ατυχήματα, τραυματισμούς ή προβλήματα υγείας. Εργασίες σε ύψος, εκσκαφές, χρήση βαρέων μηχανημάτων, εργασίες με ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και διαχείριση επικίνδυνων υλικών αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα δραστηριοτήτων που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Η φύση και η ένταση των κινδύνων διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος και το στάδιο του έργου.

Η μη τήρηση των προβλεπόμενων μέτρων υγείας και ασφάλειας μπορεί να αυξήσει σημαντικά την πιθανότητα εμφάνισης ενός ατυχήματος. Η απουσία κατάλληλου προστατευτικού εξοπλισμού, η ελλιπής σήμανση, η μη τήρηση των διαδικασιών ασφαλούς εργασίας και η πλημμελής συντήρηση του εξοπλισμού αποτελούν ενδεικτικούς παράγοντες που μπορούν να δημιουργήσουν επικίνδυνες συνθήκες στο εργοτάξιο. Για τον λόγο αυτό, η ασφάλεια θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της οργάνωσης και της καθημερινής λειτουργίας του έργου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει και η εκπαίδευση και ενημέρωση του προσωπικού. Οι εργαζόμενοι θα πρέπει να γνωρίζουν τους κινδύνους που συνδέονται με τις εργασίες τους και να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι για την ασφαλή χρήση του εξοπλισμού και την εφαρμογή των προβλεπόμενων διαδικασιών. Η έλλειψη εκπαίδευσης ή η ανεπαρκής ενημέρωση μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες πρακτικές και να αυξήσει την πιθανότητα ατυχημάτων.

Παράλληλα, ο ανθρώπινος παράγοντας δεν περιορίζεται μόνο στα ζητήματα ασφάλειας. Η εμπειρία, η ικανότητα, η προσοχή και η συμπεριφορά των εργαζομένων και των στελεχών του έργου μπορούν να επηρεάσουν τη συνολική απόδοσή του. Λανθασμένες εκτιμήσεις, παραλείψεις, ελλιπής επικοινωνία ή λανθασμένες αποφάσεις είναι δυνατό να προκαλέσουν τεχνικά προβλήματα, καθυστερήσεις και πρόσθετες δαπάνες. Η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα είναι επομένως δυνατό να επεκτείνεται πέρα από το επίπεδο της ασφάλειας και να επηρεάζει συνολικά τους στόχους του έργου.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Ένας ακόμη παράγοντας είναι η διαθεσιμότητα και επάρκεια του ανθρώπινου δυναμικού. Η έλλειψη εξειδικευμένων εργαζομένων ή στελεχών μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα και να δημιουργήσει καθυστερήσεις στην εκτέλεση των εργασιών. Αντίστοιχα, η υψηλή εναλλαγή προσωπικού ή η απασχόληση εργαζομένων χωρίς την απαιτούμενη εμπειρία μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα λαθών και να απαιτήσει πρόσθετο χρόνο για εκπαίδευση και προσαρμογή.

Ο ανθρώπινος παράγοντας συνδέεται επίσης με την επικοινωνία και τον συντονισμό μεταξύ των ομάδων εργασίας. Σε ένα τεχνικό έργο, η σωστή εκτέλεση μιας δραστηριότητας συχνά προϋποθέτει την έγκαιρη και ακριβή μεταφορά πληροφοριών από ένα άτομο ή μία ομάδα σε μία άλλη. Ελλιπής επικοινωνία μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες οδηγίες, παρερμηνείες ή μη συντονισμένες εργασίες, οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να δημιουργήσουν κινδύνους τόσο για την ασφάλεια όσο και για το χρονοδιάγραμμα και το κόστος του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

4.1. Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων.

Η διαχείριση των κινδύνων αποτελεί βασικό στοιχείο της διοίκησης ενός τεχνικού έργου, καθώς οι αβεβαιότητες που εμφανίζονται κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίησή του μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την επίτευξη των αρχικών στόχων. Η αποτελεσματική διαχείριση δεν περιορίζεται στην αντιμετώπιση ενός προβλήματος όταν αυτό εμφανιστεί, αλλά περιλαμβάνει μια οργανωμένη διαδικασία αναγνώρισης, αξιολόγησης, αντιμετώπισης και παρακολούθησης των πιθανών κινδύνων (ISO, 2018).

Σύμφωνα με το ISO 31000, η διαχείριση κινδύνων αποτελεί μια συστηματική διαδικασία μέσω της οποίας εντοπίζονται και αξιολογούνται οι αβεβαιότητες που μπορούν να επηρεάσουν τους στόχους ενός έργου και στη συνέχεια καθορίζεται ο κατάλληλος τρόπος αντιμετώπισής τους (ISO, 2018). Στην περίπτωση των τεχνικών έργων, η διαδικασία αυτή πρέπει να προσαρμόζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε έργου, καθώς οι πηγές κινδύνου και η ένταση των επιπτώσεών τους διαφοροποιούνται ανάλογα με το αντικείμενο, το μέγεθος, τη διάρκεια και τις συνθήκες υλοποίησης.

Η αναγνώριση των κινδύνων αποτελεί το πρώτο βασικό στάδιο της διαδικασίας. Σε αυτό εξετάζονται οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τους στόχους του έργου. Η αναγνώριση μπορεί να βασίζεται σε τεχνικά και οικονομικά δεδομένα, στην εμπειρία από προηγούμενα έργα, στις εκτιμήσεις των στελεχών και στις ιδιαίτερες συνθήκες του έργου. Για παράδειγμα, κατά την κατασκευή ενός οδικού έργου μπορεί να εντοπιστεί ως πιθανός κίνδυνος η καθυστέρηση προμήθειας ασφαλτομίγματος ή η εμφάνιση δυσμενών καιρικών συνθηκών σε περίοδο κατά την οποία έχουν προγραμματιστεί ασφατικές εργασίες. Η έγκαιρη καταγραφή αυτών των παραγόντων επιτρέπει στη διοίκηση του έργου να εξετάσει εναλλακτικές λύσεις πριν δημιουργηθεί σημαντική απόκλιση (Πολύζος, 2018).

Μετά την αναγνώριση ακολουθεί η αξιολόγηση των κινδύνων, με σκοπό να προσδιοριστεί η σημασία τους για την πορεία του έργου. Η αξιολόγηση βοηθά τη διοίκηση να διακρίνει τους κινδύνους που απαιτούν άμεση προσοχή από εκείνους που μπορούν απλώς να παρακολουθούνται. Για παράδειγμα, μία μικρή καθυστέρηση στην παράδοση ενός υλικού που δεν βρίσκεται στην κρίσιμη διαδρομή του έργου μπορεί να έχει περιορισμένη επίδραση. Αντίθετα, η καθυστέρηση ενός βασικού εξοπλισμού που απαιτείται για την έναρξη μιας σειράς διαδοχικών εργασιών μπορεί να έχει σημαντικότερη επίπτωση στο συνολικό χρονοδιάγραμμα.

Ακολούθως, καθορίζονται οι κατάλληλες ενέργειες αντιμετώπισης. Ανάλογα με τη φύση του κινδύνου και τις πιθανές επιπτώσεις του, μπορεί να επιλεγεί η αποφυγή, η μείωση, η μεταφορά ή η αποδοχή του κινδύνου (PMI, 2021). Για παράδειγμα, σε περίπτωση που υπάρχει αυξημένος κίνδυνος καθυστέρησης μιας κρίσιμης προμήθειας, ο ανάδοχος μπορεί να επιλέξει εναλλακτικό προμηθευτή ή να προγραμματίσει την παραγγελία νωρίτερα. Αντίστοιχα, για έναν κίνδυνο αύξησης του κόστους συγκεκριμένου υλικού, μπορεί να εξεταστεί η έγκαιρη προμήθεια ή η χρήση διαφορετικής τεχνικά αποδεκτής λύσης.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Η αντιμετώπιση των κινδύνων μπορεί να συνδέεται άμεσα και με το χρονοδιάγραμμα του έργου. Για παράδειγμα, εάν προβλέπεται καθυστέρηση σε μία δραστηριότητα που βρίσκεται στην κρίσιμη διαδρομή, η διοίκηση του έργου μπορεί να εξετάσει την ανακατανομή πόρων, την ενίσχυση του συνεργείου ή την παράλληλη εκτέλεση ορισμένων εργασιών, όπου αυτό είναι τεχνικά εφικτό. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται ο περιορισμός της επίδρασης του κινδύνου στην τελική ημερομηνία ολοκλήρωσης.

Αντίστοιχα, η διαχείριση κινδύνων συνδέεται με την παρακολούθηση του κόστους. Για παράδειγμα, εάν κατά την εκτέλεση ενός έργου διαπιστωθεί σημαντική αύξηση στις τιμές βασικών υλικών, η διοίκηση θα πρέπει να εξετάσει έγκαιρα την επίδραση της μεταβολής στον προϋπολογισμό. Η σύγκριση των πραγματικών δαπανών με τις αρχικές προβλέψεις μπορεί να αποκαλύψει εγκαίρως αρνητικές τάσεις και να επιτρέψει τη λήψη διορθωτικών ενεργειών.

Η διαδικασία όμως δεν ολοκληρώνεται με την επιλογή μιας ενέργειας αντιμετώπισης. Οι κίνδυνοι πρέπει να παρακολουθούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έργου, καθώς οι συνθήκες μπορεί να μεταβληθούν και να εμφανιστούν νέοι κίνδυνοι. Ένας κίνδυνος που αρχικά θεωρείται περιορισμένης σημασίας μπορεί, υπό διαφορετικές συνθήκες, να αποκτήσει μεγαλύτερη επίδραση. Για παράδειγμα, μία αρχικά μικρή καθυστέρηση στην προμήθεια ενός υλικού μπορεί να γίνει κρίσιμη εάν τα διαθέσιμα αποθέματα εξαντληθούν και η συγκεκριμένη εργασία βρίσκεται πλέον κοντά στην κρίσιμη διαδρομή του χρονοδιαγράμματος.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η σύνδεση της διαχείρισης κινδύνων με την παρακολούθηση των συμβατικών υποχρεώσεων. Στην πράξη, μία μεταβολή στις συνθήκες εκτέλεσης του έργου μπορεί να δημιουργήσει όχι μόνο τεχνικές ή χρονικές επιπτώσεις, αλλά και συμβατικό ζήτημα. Για παράδειγμα, εάν μία απρόβλεπτη κατάσταση στο εργοτάξιο οδηγήσει σε σημαντική καθυστέρηση, απαιτείται έγκαιρη καταγραφή του γεγονότος, τεκμηρίωση των συνεπειών του και αξιολόγηση των σχετικών συμβατικών δικαιωμάτων και υποχρεώσεων. Η έγκαιρη τεκμηρίωση είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιπτώσεις απαιτήσεων ή διεκδικήσεων (claims).

Για έναν μηχανικό που ασχολείται με την παρακολούθηση συμβάσεων και τον χρονοπρογραμματισμό, η πρακτική εφαρμογή της διαχείρισης κινδύνων συνδέεται επομένως άμεσα με την καθημερινή παρακολούθηση του έργου. Η σύγκριση της προγραμματισμένης με την πραγματική πρόοδο, ο έλεγχος των ποσοτήτων και των δαπανών, η παρακολούθηση των προμηθειών και η καταγραφή των συμβατικών μεταβολών μπορούν να λειτουργήσουν ως μηχανισμοί έγκαιρης αναγνώρισης κινδύνων. Για παράδειγμα, όταν μία δραστηριότητα παρουσιάζει επαναλαμβανόμενες καθυστερήσεις σε σχέση με το εγκεκριμένο πρόγραμμα, αυτό μπορεί να αποτελεί ένδειξη ότι υπάρχει ένας βαθύτερος κίνδυνος που απαιτεί διερεύνηση και όχι απλώς μία μεμονωμένη απόκλιση.

Η αποτελεσματική διαχείριση απαιτεί επίσης συνεχή επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών. Ο κύριος του έργου, ο ανάδοχος, οι επιβλέποντες μηχανικοί, οι μελετητές, οι υπεργολάβοι και οι προμηθευτές διαθέτουν διαφορετικές πληροφορίες και αρμοδιότητες. Η έγκαιρη ανταλλαγή πληροφοριών μπορεί να συμβάλει στην ταχύτερη αναγνώριση ενός κινδύνου και στην επιλογή κατάλληλης αντίδρασης. Αντίθετα, η καθυστερημένη ενημέρωση μπορεί να περιορίσει σημαντικά τις διαθέσιμες επιλογές αντιμετώπισης.

4.2. Αναγνώριση κινδύνων.

Η αποτελεσματική διαχείριση ενός κινδύνου προϋποθέτει αρχικά την έγκαιρη αναγνώρισή του. Στα τεχνικά έργα, οι κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν σε οποιοδήποτε στάδιο, από τον αρχικό σχεδιασμό και τη μελέτη έως την κατασκευή και την ολοκλήρωση του έργου. Για τον λόγο αυτό, η αναγνώριση των κινδύνων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες δραστηριότητες της διαδικασίας διαχείρισης, καθώς δημιουργεί τη βάση για την αξιολόγηση και την επιλογή των κατάλληλων ενεργειών αντιμετώπισης (ISO, 2018).

Η αναγνώριση πραγματοποιείται μέσω της συστηματικής εξέτασης των χαρακτηριστικών του έργου, των διαθέσιμων πληροφοριών και των συνθηκών μέσα στις οποίες αυτό υλοποιείται. Εξετάζονται, μεταξύ άλλων, το τεχνικό αντικείμενο, οι απαιτήσεις της μελέτης, το χρονοδιάγραμμα, ο προϋπολογισμός, οι διαθέσιμοι πόροι, οι συμβατικές υποχρεώσεις και οι εξωτερικοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την εξέλιξη του έργου. Η διαδικασία δεν πρέπει να περιορίζεται μόνο σε προβλήματα που έχουν ήδη εμφανιστεί, αλλά να εξετάζει και γεγονότα ή καταστάσεις που ενδέχεται να δημιουργήσουν μελλοντικές αποκλίσεις (Πολύζος, 2018).

Σημαντική πηγή για την αναγνώριση των κινδύνων αποτελεί η εμπειρία από προηγούμενα έργα. Η αξιοποίηση στοιχείων από παλαιότερες κατασκευές μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό επαναλαμβανόμενων προβλημάτων, όπως καθυστερήσεις στην προμήθεια υλικών, αστοχίες σχεδιασμού, μεταβολές του κόστους, δυσκολίες συντονισμού μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών ή προβλήματα που σχετίζονται με τις τοπικές συνθήκες.

Παράλληλα, η αναγνώριση των κινδύνων μπορεί να βασιστεί στη συνεργασία των εμπλεκόμενων μερών. Μηχανικοί, επιβλέποντες, ανάδοχοι, μελετητές, προμηθευτές και στελέχη διοίκησης διαθέτουν διαφορετικές γνώσεις και εμπειρίες σχετικά με το έργο. Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους μπορεί να οδηγήσει στον εντοπισμό κινδύνων που ενδεχομένως να μην ήταν εμφανείς σε ένα μόνο άτομο ή τμήμα του οργανισμού. Η επικοινωνία και ο συντονισμός επομένως αποτελούν σημαντικές προϋποθέσεις για την πληρέστερη αναγνώριση των πιθανών προβλημάτων (PMI, 2021).

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι η καταγραφή των κινδύνων με οργανωμένο και συστηματικό τρόπο. Η καταγραφή επιτρέπει στους υπεύθυνους του έργου να έχουν συγκεντρωμένη εικόνα των πιθανών προβλημάτων και να παρακολουθούν την εξέλιξή τους. Για τον σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μητρώο κινδύνων, στο οποίο καταγράφονται βασικές πληροφορίες σχετικά με κάθε κίνδυνο, όπως η περιγραφή του, η πηγή του, το τμήμα του έργου που επηρεάζει, ο υπεύθυνος παρακολούθησης και οι ενέργειες που προβλέπονται για την αντιμετώπισή του.

Το μητρώο κινδύνων δεν αποτελεί ένα στατικό έγγραφο. Αντίθετα, πρέπει να ενημερώνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έργου, καθώς νέοι κίνδυνοι μπορεί να εμφανιστούν, ενώ άλλοι μπορεί να μεταβληθούν ή να πάψουν να υφίστανται. Η συνεχής ενημέρωση είναι ιδιαίτερα

σημαντική στα τεχνικά έργα, όπου οι πραγματικές συνθήκες κατασκευής μπορεί να διαφέρουν από τις αρχικές παραδοχές του σχεδιασμού (ISO, 2018).

4.3. Αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων.

Μετά την αναγνώριση και την καταγραφή των πιθανών κινδύνων, το επόμενο στάδιο της διαδικασίας αφορά την αξιολόγηση και την ιεράρχησή τους. Η ανάγκη για αξιολόγηση προκύπτει από το γεγονός ότι δεν έχουν όλοι οι κίνδυνοι την ίδια σημασία για την πορεία ενός τεχνικού έργου. Ορισμένοι μπορεί να έχουν περιορισμένη επίδραση στους στόχους του έργου, ενώ άλλοι είναι δυνατό να προκαλέσουν σημαντικές αποκλίσεις ως προς τον χρόνο, το κόστος, την ποιότητα ή την ομαλή εκτέλεση της σύμβασης (ISO, 2018).

Βασικός σκοπός της αξιολόγησης είναι να προσδιοριστεί ποιοι από τους καταγεγραμμένους κινδύνους απαιτούν άμεση και αυξημένη προσοχή από τη διοίκηση του έργου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων, καθώς η διοίκηση δεν είναι απαραίτητο να αντιμετωπίζει όλους τους κινδύνους με τον ίδιο τρόπο. Η ιεράρχηση επιτρέπει την επικέντρωση του ανθρώπινου δυναμικού, του χρόνου και των οικονομικών πόρων στους κινδύνους που μπορούν να επηρεάσουν περισσότερο την επίτευξη των στόχων του έργου (PMI, 2021).

Η αξιολόγηση μπορεί να βασιστεί σε ποιοτικά ή ποσοτικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με τη φύση και τις απαιτήσεις του έργου. Σε ένα πρώτο επίπεδο, η ποιοτική αξιολόγηση επιτρέπει την κατάταξη των κινδύνων με βάση τη σχετική σημασία τους και τη δυνατότητα να επηρεάσουν την εξέλιξη του έργου. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα πρώτα στάδια, όταν οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι περιορισμένες ή όταν απαιτείται μία γρήγορη αρχική εικόνα της κατάστασης (Πολύζος, 2018). Ιδιαίτερη σημασία έχει η συσχέτιση κάθε κινδύνου με τους βασικούς στόχους του έργου. Ένας κίνδυνος μπορεί να επηρεάζει κυρίως το χρονοδιάγραμμα, ενώ ένας άλλος μπορεί να σχετίζεται περισσότερο με το κόστος ή με τις συμβατικές υποχρεώσεις. Για παράδειγμα, μία καθυστέρηση στην προμήθεια βασικού εξοπλισμού μπορεί να επηρεάσει την εξέλιξη κρίσιμων εργασιών και, κατά συνέπεια, την ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου. Αντίστοιχα, μία σημαντική μεταβολή στις τιμές των υλικών μπορεί να δημιουργήσει οικονομικές πιέσεις και να επηρεάσει τον προϋπολογισμό.

Η αξιολόγηση των κινδύνων πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη το στάδιο στο οποίο βρίσκεται το έργο. Ένας κίνδυνος που θεωρείται περιορισμένης σημασίας κατά τον σχεδιασμό μπορεί να αποκτήσει μεγαλύτερη βαρύτητα κατά την κατασκευή. Αντίστροφα, ένας κίνδυνος που είναι σημαντικός στην αρχή μπορεί να περιοριστεί μετά την ολοκλήρωση μιας συγκεκριμένης εργασίας ή τη λήψη κατάλληλων μέτρων. Επομένως, η αξιολόγηση δεν πραγματοποιείται μόνο μία φορά, αλλά επανεξετάζεται καθώς εξελίσσεται το έργο (ISO, 2018).

Στο πλαίσιο της παρακολούθησης συμβάσεων και του χρονοπρογραμματισμού, η αξιολόγηση των κινδύνων συνδέεται άμεσα με την παρακολούθηση των αποκλίσεων από τον αρχικό σχεδιασμό. Οι καθυστερήσεις, οι μεταβολές του φυσικού αντικείμενου, οι πρόσθετες εργασίες, οι οικονομικές αποκλίσεις και οι συμβατικές μεταβολές μπορούν να αποτελέσουν

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

στοιχεία που οδηγούν στην αναθεώρηση της σημαντικότητας ενός κινδύνου. Η συστηματική παρακολούθηση αυτών των παραμέτρων επιτρέπει στον μηχανικό να εντοπίζει έγκαιρα τις περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται αυξημένη παρέμβαση.

Η ιεράρχηση των κινδύνων αποτελεί, επομένως, ένα σημαντικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων. Οι κίνδυνοι μπορούν να διακρίνονται σε διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας, ώστε να καθορίζεται ο βαθμός παρακολούθησης και η ανάγκη λήψης μέτρων. Οι κίνδυνοι υψηλής προτεραιότητας απαιτούν στενότερη παρακολούθηση και άμεσο σχεδιασμό ενεργειών, ενώ οι κίνδυνοι χαμηλότερης προτεραιότητας μπορούν να παρακολουθούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα χωρίς να απαιτείται άμεση παρέμβαση.

Η διαδικασία αυτή συμβάλλει επίσης στη βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων. Όταν οι κίνδυνοι έχουν καταγραφεί και ιεραρχηθεί με σαφή τρόπο, είναι ευκολότερο να καθοριστούν οι αρμοδιότητες και να ενημερωθούν οι υπεύθυνοι για τα ζητήματα που απαιτούν προσοχή. Έτσι, περιορίζεται η πιθανότητα να παραβλεφθεί ένας σημαντικός κίνδυνος ή να διατεθούν υπερβολικοί πόροι για την αντιμετώπιση ζητημάτων περιορισμένης σημασίας (PMI, 2021).

Η αξιολόγηση και η ιεράρχηση αποτελούν συνεπώς δυναμικές διαδικασίες, οι οποίες πρέπει να προσαρμόζονται στις μεταβολές του έργου. Η ενημέρωση του μητρώου κινδύνων και η επανεξέταση της προτεραιότητας κάθε κινδύνου επιτρέπουν στη διοίκηση να διατηρεί μία επικαιροποιημένη εικόνα της κατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο, η διαχείριση κινδύνων συνδέεται άμεσα με τη συνολική παρακολούθηση της προόδου και υποστηρίζει τη λήψη έγκαιρων και τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Πίνακας 1) Αξιολόγησης και ιεράρχησης κινδύνων(Πηγή: Ιδία επεξεργασία.)

Κίνδυνος	Πιθανότητα εμφάνισης	Επίπτωση στο έργο	Επίπεδο κινδύνου	Προτεραιότητα αντιμετώπισης
Καθυστέρηση προμήθειας υλικών	Υψηλή	Υψηλή	Πολύ υψηλό	Άμεση
Αλλαγές στη μελέτη	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλό	Υψηλή
Αύξηση τιμών υλικών	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλό	Υψηλή
Δυσμενείς καιρικές συνθήκες	Μέτρια	Μέτρια	Μέτριο	Μέτρια
Ελλείψεις εξειδικευμένου προσωπικού	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλό	Υψηλή
Ασάφειες συμβατικών όρων	Χαμηλή	Υψηλή	Μέτριο	Μέτρια
Τεχνικό σφάλμα κατά την κατασκευή	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλό	Υψηλή
Καθυστέρηση εγκρίσεων/αδειοδοτήσεων	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλό	Υψηλή
Προβλήματα ασφάλειας στο εργοτάξιο	Χαμηλή	Πολύ υψηλή	Υψηλό	Άμεση
Μεταβολή του φυσικού αντικείμενου	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλό	Υψηλή

4.4. Στρατηγικές και μέτρα αντιμετώπισης των κινδύνων.

Η αξιολόγηση και η ιεράρχηση των κινδύνων οδηγούν στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, το οποίο αφορά τον καθορισμό και την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης. Στόχος δεν είναι η πλήρης εξάλειψη κάθε κινδύνου, καθώς κάτι τέτοιο δεν είναι συνήθως εφικτό στα τεχνικά έργα, αλλά η περιορισμένη και ελεγχόμενη επίδρασή του στους βασικούς στόχους του έργου. Η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής εξαρτάται από τη φύση του κινδύνου, τη σοβαρότητα των πιθανών επιπτώσεων, τα χαρακτηριστικά του έργου και τους διαθέσιμους πόρους (ISO, 2018).

Μία βασική στρατηγική είναι η αποφυγή του κινδύνου. Στην περίπτωση αυτή επιδιώκεται η αλλαγή του σχεδιασμού, της μεθόδου εκτέλεσης ή κάποιας άλλης παραμέτρου του έργου, ώστε να μην δημιουργηθούν οι συνθήκες που οδηγούν στην εμφάνιση του συγκεκριμένου κινδύνου. Η αποφυγή μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν ένας κίνδυνος θεωρείται σημαντικός και οι πιθανές επιπτώσεις του είναι δυσανάλογα μεγάλες σε σχέση με το κόστος αλλαγής της αρχικής προσέγγισης (PMI, 2021).

Μία δεύτερη προσέγγιση είναι η μείωση ή ο περιορισμός του κινδύνου. Στην περίπτωση αυτή ο κίνδυνος δεν εξαλείφεται, αλλά λαμβάνονται προληπτικά ή διορθωτικά μέτρα ώστε να περιοριστεί η πιθανότητα εμφάνισής του ή οι επιπτώσεις του. Σε ένα τεχνικό έργο, τέτοια μέτρα μπορεί να αφορούν τη βελτίωση του σχεδιασμού, την ενίσχυση του ελέγχου των εργασιών, την έγκαιρη παραγγελία υλικών, την καλύτερη οργάνωση του εργοταξίου ή την πρόβλεψη εναλλακτικών λύσεων. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει στη διοίκηση να προετοιμάζεται πριν από την εκδήλωση ενός προβλήματος.

Μία ακόμη δυνατότητα αποτελεί η μεταφορά του κινδύνου σε άλλο συμβαλλόμενο μέρος ή οργανισμό. Η μεταφορά δεν σημαίνει ότι ο κίνδυνος εξαφανίζεται, αλλά ότι ένα μέρος της ευθύνης ή των οικονομικών συνεπειών του αναλαμβάνεται από άλλο φορέα. Η πρακτική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί μέσω κατάλληλων συμβατικών όρων, ασφαλιστικών καλύψεων, εγγυήσεων ή άλλων συμφωνιών. Στα τεχνικά έργα, η επιλογή της συγκεκριμένης στρατηγικής απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε οι συμβατικές υποχρεώσεις και οι ευθύνες κάθε εμπλεκόμενου μέρους να είναι σαφώς καθορισμένες (Πολύζος, 2018).

Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να επιλεγεί η αποδοχή του κινδύνου. Η συγκεκριμένη επιλογή εφαρμόζεται όταν ο κίνδυνος είναι περιορισμένης σημασίας ή όταν το κόστος λήψης μέτρων αντιμετώπισης είναι μεγαλύτερο από το αναμενόμενο όφελος. Η αποδοχή δεν σημαίνει αδιαφορία ή απουσία παρακολούθησης. Αντίθετα, προϋποθέτει ότι ο κίνδυνος έχει αναγνωριστεί, έχει αξιολογηθεί και υπάρχει επίγνωση των πιθανών συνεπειών του. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να προβλεφθεί η παρακολούθησή του και η ενεργοποίηση συγκεκριμένων ενεργειών εφόσον μεταβληθούν οι συνθήκες.

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση των κινδύνων απαιτεί επίσης τη σύνδεση των μέτρων με τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση του έργου. Τα μέτρα που επιλέγονται θα πρέπει να ενσωματώνονται, όπου είναι απαραίτητο, στο χρονοδιάγραμμα, στον προϋπολογισμό και στον συνολικό σχεδιασμό του έργου. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη εναλλακτικού προμηθευτή μπορεί να περιορίσει τον κίνδυνο καθυστέρησης, ενώ η έγκαιρη εξασφάλιση κρίσιμων υλικών μπορεί να μειώσει την πιθανότητα διακοπής εργασιών.

Σημαντικό ρόλο έχει και ο καθορισμός υπευθύνων για την εφαρμογή των μέτρων. Κάθε σημαντικός κίνδυνος θα πρέπει να συνδέεται με συγκεκριμένη ευθύνη, ώστε να είναι σαφές ποιος παρακολουθεί την εξέλιξή του και ποιος είναι αρμόδιος για την εφαρμογή των συμφωνημένων ενεργειών. Η σαφής κατανομή αρμοδιοτήτων συμβάλλει στην αποφυγή καθυστερήσεων στη λήψη αποφάσεων και βελτιώνει τον συντονισμό μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών (PMI, 2021).

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η αντιμετώπιση των κινδύνων στο πλαίσιο της παρακολούθησης των συμβάσεων και του χρονοδιαγράμματος. Ο μηχανικός που παρακολουθεί την εξέλιξη του έργου μπορεί να εντοπίζει αποκλίσεις και να εισηγείται έγκαιρα διορθωτικές ενέργειες. Η παρακολούθηση της προόδου, των συμβατικών υποχρεώσεων, των οικονομικών στοιχείων και των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα των μέτρων που έχουν ληφθεί.

Η επιλογή και εφαρμογή των μέτρων αντιμετώπισης πρέπει, τέλος, να επανεξετάζεται κατά τη διάρκεια του έργου. Οι συνθήκες υλοποίησης μεταβάλλονται, ενώ ένας κίνδυνος μπορεί να αυξηθεί, να μειωθεί ή να αντικατασταθεί από έναν νέο. Για τον λόγο αυτό, τα μέτρα που έχουν επιλεγεί δεν πρέπει να θεωρούνται οριστικά, αλλά να προσαρμόζονται στις πραγματικές συνθήκες και στα νέα δεδομένα του έργου (ISO, 2018).

Συνολικά, η αντιμετώπιση των κινδύνων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της διοίκησης τεχνικών έργων, καθώς μετατρέπει την αναγνώριση ενός πιθανού προβλήματος σε συγκεκριμένη διοικητική και τεχνική ενέργεια. Η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής, ο καθορισμός υπευθύνων, η ενσωμάτωση των μέτρων στον προγραμματισμό και η συνεχής παρακολούθηση της αποτελεσματικότητάς τους συμβάλλουν στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων και στη βελτίωση της συνολικής πορείας του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΡΙΣΚΟΥ

5.1. Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνων.

Η αποτελεσματική εφαρμογή της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων στα τεχνικά έργα προϋποθέτει τη χρήση κατάλληλων εργαλείων και τεχνικών, τα οποία υποστηρίζουν τον εντοπισμό, την αξιολόγηση, την παρακολούθηση και την αντιμετώπιση των πιθανών κινδύνων. Η επιλογή τους εξαρτάται από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του έργου, τη διαθεσιμότητα των δεδομένων, το στάδιο υλοποίησης και τις ανάγκες της ομάδας διοίκησης (ISO, 2018).

Ένα από τα βασικότερα εργαλεία είναι το **μητρώο κινδύνων (Risk Register)**. Πρόκειται για ένα οργανωμένο αρχείο στο οποίο συγκεντρώνονται οι κίνδυνοι που έχουν αναγνωριστεί κατά τη διάρκεια του έργου. Για κάθε κίνδυνο μπορούν να καταγράφονται η περιγραφή και η πηγή του, οι στόχοι που ενδέχεται να επηρεαστούν, η αξιολόγησή του, ο υπεύθυνος παρακολούθησης, τα προβλεπόμενα μέτρα αντιμετώπισης και η τρέχουσα κατάσταση. Το μητρώο λειτουργεί ως ένα δυναμικό εργαλείο, το οποίο ενημερώνεται καθώς μεταβάλλονται οι συνθήκες του έργου (PMI, 2021).

Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι επίσης η **λίστα ελέγχου (checklist)**, η οποία μπορεί να βασίζεται στην εμπειρία προηγούμενων έργων και σε συνηθισμένες κατηγορίες κινδύνων. Μέσω μιας οργανωμένης λίστας μπορούν να εξετάζονται συστηματικά παράγοντες που αφορούν τον σχεδιασμό, τις προμήθειες, το χρονοδιάγραμμα, το κόστος, τις συμβάσεις, την ασφάλεια και το εξωτερικό περιβάλλον. Η χρήση checklist περιορίζει την πιθανότητα να παραλειφθούν γνωστές κατηγορίες κινδύνων κατά τη διαδικασία αναγνώρισης (Πολύζος, 2018).

Ένα ακόμη σημαντικό εργαλείο είναι η **ανάλυση SWOT**, μέσω της οποίας εξετάζονται τα δυνατά και αδύνατα σημεία ενός έργου, καθώς και οι ευκαιρίες και οι απειλές που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον. Παρότι δεν αποτελεί αποκλειστικό εργαλείο διαχείρισης κινδύνων, μπορεί να συμβάλει στην αρχική αναγνώριση παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάσουν την επίτευξη των στόχων του έργου. Η αξιοποίησή της είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τον αρχικό σχεδιασμό και την εξέταση του ευρύτερου περιβάλλοντος του έργου.

Για την **ποιοτική αξιολόγηση** των κινδύνων χρησιμοποιούνται συχνά πίνακες ή μήτρες κινδύνου (Risk Matrix). Μέσω της ταξινόμησης των κινδύνων σε διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας, η ομάδα του έργου μπορεί να εντοπίσει εκείνους που απαιτούν αυξημένη παρακολούθηση και άμεση αντιμετώπιση. Η προσέγγιση αυτή είναι σχετικά απλή στην εφαρμογή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή ποσοτικά δεδομένα (ISO, 2018).

Σε πιο σύνθετα έργα μπορούν να χρησιμοποιηθούν **ποσοτικές τεχνικές ανάλυσης κινδύνων**, όταν υπάρχουν επαρκή δεδομένα και απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων. Τέτοιες τεχνικές επιτρέπουν την υποστήριξη αποφάσεων που σχετίζονται με το κόστος, το χρονοδιάγραμμα και την κατανομή των διαθέσιμων πόρων. Η χρήση

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

τους είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπου οι επιπτώσεις της αβεβαιότητας μπορεί να είναι σημαντικές.

Παράλληλα, σημαντικό ρόλο έχουν εργαλεία που συνδέονται με την **παρακολούθηση της πορείας του έργου**. Το χρονοδιάγραμμα, οι αναφορές προόδου, οι οικονομικές καταστάσεις, οι πίνακες αποκλίσεων και τα στοιχεία παρακολούθησης της σύμβασης μπορούν να παρέχουν ενδείξεις για την εμφάνιση ή την ενίσχυση ενός κινδύνου. Επομένως, η διαχείριση κινδύνων δεν πραγματοποιείται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα εργαλεία διοίκησης του έργου, αλλά συνδέεται με αυτά και αξιοποιεί τα διαθέσιμα δεδομένα (Πολύζος, 2018).

Η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου πρέπει να γίνεται με βάση τις **πραγματικές ανάγκες του έργου**. Δεν απαιτεί κάθε τεχνικό έργο τη χρήση σύνθετων ποσοτικών μοντέλων. Σε μικρότερα ή λιγότερο σύνθετα έργα, ένα καλά οργανωμένο μητρώο κινδύνων, μία λίστα ελέγχου και μία απλή μήτρα αξιολόγησης μπορεί να είναι επαρκή. Αντίθετα, σε μεγάλα και σύνθετα έργα μπορεί να απαιτείται συνδυασμός ποιοτικών και ποσοτικών μεθόδων, ώστε να υποστηρίζεται αποτελεσματικότερα η λήψη αποφάσεων (PMI, 2021).

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένα από τα βασικότερα εργαλεία και τις τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαχείριση κινδύνων τεχνικών έργων.

Πίνακας 2) Βασικά εργαλεία και τεχνικές διαχείρισης κινδύνων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία.)

<u>Εργαλείο/ Τεχνική</u>	<u>Κύρια Χρήση</u>	<u>Ενδεικτική εφαρμογή σε Τεχνικό Έργο</u>
Μητρώο κινδύνων	Καταγραφή και παρακολούθηση	Συστηματική καταγραφή κινδύνων του έργου
Checklist	Αναγνώριση κινδύνων	Έλεγχος γνωστών κατηγοριών κινδύνου
Ανάλυση SWOT	Εντοπισμός εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων	Αρχική αξιολόγηση περιβάλλοντος έργου
Risk Matrix	Ποιοτική αξιολόγηση και ιεράρχηση	Κατάταξη κινδύνων σε επίπεδα προτεραιότητας
Αναφορές προόδου	Παρακολούθηση αποκλίσεων	Εντοπισμός καθυστερήσεων και προβλημάτων
Παρακολούθηση κόστους	Έλεγχος οικονομικών αποκλίσεων	Έγκαιρος εντοπισμός υπερβάσεων
Ανάλυση σεναρίων	Εξέταση εναλλακτικών εξελίξεων	Εκτίμηση διαφορετικών πιθανών εξελίξεων του έργου
Ποσοτικές τεχνικές	Αναλυτικότερη αξιολόγηση	Υποστήριξη αποφάσεων σε σύνθετα έργα

5.2. Ανάλυση SWOT.

Η ανάλυση SWOT αποτελεί ένα εργαλείο στρατηγικής ανάλυσης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο πλαίσιο της διαχείρισης τεχνικών έργων για την αναγνώριση παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την πορεία και την επίτευξη των στόχων ενός έργου. Η ονομασία SWOT προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities* και *Threats*, οι οποίες αντιστοιχούν στα Δυνατά σημεία, τις Αδυναμίες, τις Ευκαιρίες και τις Απειλές. Η μέθοδος εξετάζει τόσο το εσωτερικό περιβάλλον ενός έργου όσο και τους εξωτερικούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την υλοποίησή του.

Στο πλαίσιο της διαχείρισης κινδύνων, η SWOT μπορεί να συμβάλει στην έγκαιρη αναγνώριση παραγόντων που ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα, αλλά και παραγόντων που μπορούν να αξιοποιηθούν προς όφελος του έργου. Η προσέγγιση αυτή είναι συμβατή με τη γενικότερη φιλοσοφία της διαχείρισης κινδύνων, καθώς επιτρέπει τη συστηματική εξέταση τόσο των απειλών όσο και των ευκαιριών που συνδέονται με τους στόχους ενός έργου (ISO, 2018).

Τα δυνατά σημεία (*Strengths*) αφορούν τα εσωτερικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που μπορούν να λειτουργήσουν θετικά για την επιτυχή υλοποίηση του έργου. Σε ένα τεχνικό έργο μπορεί να περιλαμβάνουν την εμπειρία της ομάδας μηχανικών, την επάρκεια του εξοπλισμού, την καλή οργάνωση του εργοταξίου, την ύπαρξη αποτελεσματικών διαδικασιών παρακολούθησης ή τη σημαντική εμπειρία του αναδόχου σε παρόμοια έργα. Η αξιοποίηση αυτών των πλεονεκτημάτων μπορεί να συμβάλει στη μείωση των αβεβαιοτήτων και στην καλύτερη αντιμετώπιση προβλημάτων που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση.

Οι αδυναμίες (*Weaknesses*) αφορούν εσωτερικούς παράγοντες που μπορεί να περιορίσουν την αποτελεσματικότητα του έργου. Ενδεικτικά, μπορεί να σχετίζονται με ανεπαρκή στελέχωση, περιορισμένη εμπειρία σε συγκεκριμένες τεχνικές εργασίες, ελλείψεις στον εξοπλισμό, αδυναμίες επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών ή ανεπαρκή παρακολούθηση του χρονοδιαγράμματος και του κόστους. Ο εντοπισμός των αδυναμιών είναι ιδιαίτερα σημαντικός, καθώς παρέχει τη δυνατότητα λήψης διορθωτικών μέτρων πριν αυτές οδηγήσουν σε σημαντικές αποκλίσεις.

Οι ευκαιρίες (*Opportunities*) προέρχονται κυρίως από το εξωτερικό περιβάλλον του έργου και μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της απόδοσής του. Μπορεί να αφορούν την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών, τη χρήση σύγχρονων μεθόδων κατασκευής, τη διαθεσιμότητα νέων προμηθευτών, τη βελτίωση των συνθηκών της αγοράς ή τη δυνατότητα χρηματοδότησης και αξιοποίησης νέων τεχνικών λύσεων. Η αναγνώριση των ευκαιριών διευρύνει την προσέγγιση της διαχείρισης κινδύνων, καθώς η διοίκηση δεν επικεντρώνεται αποκλειστικά στην αποφυγή αρνητικών γεγονότων, αλλά εξετάζει και τις δυνατότητες βελτίωσης του έργου.

Αντίθετα, οι απειλές (*Threats*) αφορούν εξωτερικούς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την υλοποίηση του έργου. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η αύξηση των τιμών των υλικών, οι δυσκολίες στην εφοδιαστική αλυσίδα, οι καθυστερήσεις στις αδειοδοτήσεις, οι μεταβολές του θεσμικού πλαισίου, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες ή οι αλλαγές

στις οικονομικές συνθήκες. Στα τεχνικά έργα, οι απειλές αυτές μπορούν να έχουν άμεση επίδραση στο χρονοδιάγραμμα και στο κόστος και, επομένως, απαιτούν συστηματική παρακολούθηση.

Η εφαρμογή της SWOT σε ένα τεχνικό έργο μπορεί να παρουσιαστεί μέσα από ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα. Έστω ένα έργο **κατασκευής οδικού τμήματος**. Ως δυνατά σημεία μπορούν να θεωρηθούν η εμπειρία του αναδόχου σε παρόμοια έργα, η ύπαρξη έμπειρου τεχνικού προσωπικού και η καλή οργάνωση του χρονοδιαγράμματος. Ως αδυναμίες μπορούν να θεωρηθούν η περιορισμένη διαθεσιμότητα εξειδικευμένου εξοπλισμού και η εξάρτηση από συγκεκριμένους προμηθευτές. Ως ευκαιρία μπορεί να θεωρηθεί η δυνατότητα χρήσης νέων τεχνολογιών κατασκευής που μειώνουν τον χρόνο εκτέλεσης, ενώ ως απειλή μπορεί να θεωρηθεί μία σημαντική αύξηση των τιμών των υλικών ή μία παρατεταμένη περίοδος δυσμενών καιρικών συνθηκών.

Η χρησιμότητα της SWOT δεν περιορίζεται στην αρχική καταγραφή των παραπάνω παραγόντων. Τα στοιχεία που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαμόρφωση ενεργειών αντιμετώπισης και βελτίωσης. Για παράδειγμα, εάν μία αδυναμία είναι η εξάρτηση από έναν μόνο προμηθευτή, η διοίκηση μπορεί να αναζητήσει εναλλακτικές πηγές προμήθειας. Αντίστοιχα, εάν μία απειλή αφορά πιθανή αύξηση των τιμών των υλικών, μπορεί να εξεταστεί η έγκαιρη προμήθεια κρίσιμων υλικών ή η κατάλληλη συμβατική πρόβλεψη.

Ένα ακόμη παράδειγμα μπορεί να αφορά ένα έργο κατασκευής κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή, ως δυνατό σημείο μπορεί να θεωρηθεί η ύπαρξη έμπειρου επιβλέποντος μηχανικού και οργανωμένης ομάδας έργου. Ως αδυναμία μπορεί να θεωρηθεί ο περιορισμένος χώρος εργοταξίου, ο οποίος δυσχεραίνει την αποθήκευση υλικών και την κυκλοφορία των συνεργείων. Ως ευκαιρία μπορεί να θεωρηθεί η χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων που επιταχύνουν την κατασκευή, ενώ ως απειλή μπορεί να θεωρηθεί η καθυστέρηση των εγκρίσεων ή η μεταβολή των τιμών των βασικών υλικών. Με τον τρόπο αυτό, η SWOT μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τον προγραμματισμό και τη λήψη αποφάσεων.

Η ανάλυση SWOT θα πρέπει, ωστόσο, να χρησιμοποιείται ως υποστηρικτικό εργαλείο και όχι ως μοναδική μέθοδος αξιολόγησης κινδύνων. Τα αποτελέσματά της εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από την εμπειρία και την κρίση των συμμετεχόντων, ενώ η απλή καταγραφή παραγόντων δεν παρέχει από μόνη της λεπτομερή ποσοτική εκτίμηση των κινδύνων. Για τον λόγο αυτό, είναι αποτελεσματικότερο να συνδυάζεται με άλλα εργαλεία, όπως το μητρώο κινδύνων, η μήτρα κινδύνων και οι τεχνικές ποσοτικής ανάλυσης. Μελέτες σε κατασκευαστικά έργα έχουν δείξει ότι η SWOT μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά για την αναγνώριση και την αξιολόγηση παραγόντων κινδύνου κατά τις φάσεις σχεδιασμού, σύναψης σύμβασης και κατασκευής.

5.3. Μέθοδος Monte Carlo.

Η μέθοδος Monte Carlo αποτελεί μία από τις σημαντικότερες ποσοτικές τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση της αβεβαιότητας και του κινδύνου στη διαχείριση τεχνικών έργων. Σε αντίθεση με τις απλές προσεγγίσεις, στις οποίες κάθε δραστηριότητα ή οικονομικό μέγεθος θεωρείται ότι έχει μία συγκεκριμένη και σταθερή τιμή, η μέθοδος Monte Carlo επιτρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η πραγματική διάρκεια, το κόστος ή άλλες παράμετροι ενός έργου μπορεί να μεταβάλλονται. Με αυτόν τον τρόπο, η ανάλυση δεν βασίζεται σε μία μόνο εκτίμηση, αλλά εξετάζει ένα μεγάλο αριθμό πιθανών σεναρίων.

Η μέθοδος βασίζεται στη δημιουργία επαναλαμβανόμενων προσομοιώσεων του υπό εξέταση προβλήματος. Για κάθε προσομοίωση χρησιμοποιούνται διαφορετικές τιμές των μεταβλητών που χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα, σύμφωνα με τις αντίστοιχες κατανομές πιθανότητας. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές και τα αποτελέσματα συγκεντρώνονται, δημιουργώντας μία κατανομή πιθανών αποτελεσμάτων. Έτσι, αντί να προκύπτει μόνο μία εκτιμώμενη ημερομηνία ολοκλήρωσης ή ένα συγκεκριμένο κόστος, προκύπτει ένα εύρος πιθανών τιμών και μία καλύτερη εικόνα της αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει το έργο.

Στα τεχνικά έργα, η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί κυρίως σε περιπτώσεις όπου υπάρχει αβεβαιότητα στη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, μία εργασία εκσκαφής μπορεί, ανάλογα με τις πραγματικές συνθήκες του εδάφους, να ολοκληρωθεί σε διαφορετικό χρονικό διάστημα. Αντί να θεωρηθεί ότι η εργασία διαρκεί ακριβώς 20 ημέρες, μπορούν να εξεταστούν διαφορετικές πιθανές διάρκειες. Αντίστοιχη προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί σε εργασίες σκυροδέτησης, προμήθειες υλικών, εγκαταστάσεις εξοπλισμού ή άλλες δραστηριότητες που παρουσιάζουν αβεβαιότητα.

Εφαρμογή στον χρονοπρογραμματισμό

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή της Monte Carlo στον χρονοπρογραμματισμό των τεχνικών έργων. Σε ένα συμβατικό χρονοδιάγραμμα, κάθε δραστηριότητα συνήθως περιγράφεται με μία συγκεκριμένη διάρκεια. Στην πραγματικότητα, όμως, η διάρκεια μιας εργασίας μπορεί να επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, την παραγωγικότητα του προσωπικού, τη διαθεσιμότητα εξοπλισμού, τις καθυστερήσεις προμηθειών και άλλους παράγοντες.

Η Monte Carlo αντιμετωπίζει τη διάρκεια κάθε αβέβαιης δραστηριότητας ως μεταβλητή και εξετάζει διαφορετικούς συνδυασμούς πιθανών τιμών. Για παράδειγμα, εάν μία δραστηριότητα εκτιμάται ότι μπορεί να διαρκέσει από 10 έως 18 ημέρες, η προσομοίωση μπορεί να εξετάσει

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

επανειλημμένα διαφορετικές τιμές μέσα σε αυτό το εύρος. Η διαδικασία πραγματοποιείται για όλες τις δραστηριότητες που παρουσιάζουν σημαντική αβεβαιότητα.

Ένα απλό παράδειγμα μπορεί να αφορά ένα έργο στο οποίο υπάρχουν τρεις βασικές διαδοχικές δραστηριότητες:

Πίνακας 3) Παράδειγμα (1) Monte Carlo (Πηγή: Ιδία επεξεργασία.)

Δραστηριότητα	Ενδεικτική διάρκεια	Εύρος αβεβαιότητας
A – Εκσκαφές	15 ημέρες	12-16 ημέρες
B– Θεμελίωση	20 ημέρες	16-27 ημέρες
Γ – Κατασκευή	30 ημέρες	25–40 ημέρες

Στην παραδοσιακή προσέγγιση θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η συνολική διάρκεια είναι:

$$15 + 20 + 30 = 65 \text{ ημέρες.}$$

Ωστόσο, η πραγματική διάρκεια μπορεί να είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη. Με τη μέθοδο Monte Carlo πραγματοποιούνται πολλές προσομοιώσεις, στις οποίες οι διάρκειες των τριών δραστηριοτήτων μεταβάλλονται σύμφωνα με τις επιλεγμένες κατανομές. Το αποτέλεσμα δεν είναι μία μόνο διάρκεια, αλλά μία κατανομή πιθανών ημερομηνιών ολοκλήρωσης.

Για παράδειγμα, από την προσομοίωση μπορεί να προκύψει ότι ένα σημαντικό ποσοστό των σεναρίων οδηγεί σε ολοκλήρωση του έργου πριν από μία συγκεκριμένη ημερομηνία, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό οδηγεί σε μεγαλύτερες καθυστερήσεις. Η πληροφορία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη διοίκηση του έργου, επειδή επιτρέπει να εξεταστεί όχι μόνο η προγραμματισμένη ημερομηνία ολοκλήρωσης, αλλά και ο βαθμός βεβαιότητας με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί.

Εφαρμογή στο κόστος

Εκτός από τον χρόνο, η μέθοδος Monte Carlo μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάλυση της αβεβαιότητας του κόστους. Στα τεχνικά έργα, το τελικό κόστος δεν είναι πάντοτε γνωστό από την αρχή, καθώς μπορεί να επηρεαστεί από μεταβολές στις τιμές των υλικών, στις τιμές εργασίας, στις ποσότητες των εργασιών ή από πρόσθετες απαιτήσεις κατά την κατασκευή.

Για παράδειγμα, το κόστος ενός συγκεκριμένου υλικού μπορεί να εκτιμάται αρχικά σε 100 €/μονάδα, αλλά η πραγματική τιμή κατά την προμήθεια να κυμανθεί σε διαφορετικό επίπεδο. Η Monte Carlo μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα εύρος πιθανών τιμών και να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι μεταβολές επηρεάζουν το συνολικό κόστος του έργου.

Με αυτόν τον τρόπο, η διοίκηση μπορεί να αποκτήσει μία εκτίμηση όχι μόνο του αναμενόμενου κόστους, αλλά και του εύρους πιθανών οικονομικών αποτελεσμάτων. Η πληροφορία αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί στον προϋπολογισμό, στον καθορισμό κατάλληλων αποθεματικών και στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση των οικονομικών κινδύνων.

Βασικά στάδια εφαρμογής

Η εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo σε ένα τεχνικό έργο μπορεί να περιγραφεί συνοπτικά μέσα από μία σειρά βασικών βημάτων.

- **Πρώτο στάδιο είναι ο προσδιορισμός των μεταβλητών που παρουσιάζουν αβεβαιότητα.** Αυτές μπορεί να αφορούν τη διάρκεια δραστηριοτήτων, το κόστος υλικών, την παραγωγικότητα, τις ποσότητες εργασιών ή άλλες παραμέτρους.
- **Δεύτερο στάδιο είναι ο προσδιορισμός των πιθανών τιμών κάθε μεταβλητής.** Για παράδειγμα, για μία εργασία μπορεί να προσδιοριστεί ένα ελάχιστο, ένα πιθανότερο και ένα μέγιστο χρονικό διάστημα. Οι εκτιμήσεις αυτές πρέπει να βασίζονται, κατά το δυνατόν, σε διαθέσιμα στοιχεία, ιστορικά δεδομένα και την εμπειρία των μηχανικών του έργου.
- **Τρίτο στάδιο είναι η επιλογή της κατάλληλης κατανομής πιθανότητας.** Η κατανομή χρησιμοποιείται για να περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να μεταβάλλεται η συγκεκριμένη παράμετρος. Η επιλογή της θα πρέπει να αντανακλά τα διαθέσιμα δεδομένα και τη φύση της μεταβλητής.
- **Τέταρτο στάδιο είναι η εκτέλεση των προσομοιώσεων.** Το μοντέλο του έργου εκτελείται επανειλημμένα, χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς τιμών των αβέβαιων μεταβλητών. Κάθε επανάληψη αντιπροσωπεύει ένα πιθανό σενάριο εξέλιξης του έργου.
- **Τέλος, τα αποτελέσματα συγκεντρώνονται και αναλύονται.** Η τελική εικόνα μπορεί να παρουσιαστεί με τη μορφή κατανομών, διαγραμμάτων ή ποσοστών, τα οποία βοηθούν τη διοίκηση να κατανοήσει την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει το έργο.

Πλεονεκτήματα και περιορισμοί της μεθόδου

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της Monte Carlo είναι ότι επιτρέπει τη μετατροπή της αβεβαιότητας σε ένα εύρος πιθανών αποτελεσμάτων. Αυτό παρέχει στη διοίκηση περισσότερη πληροφόρηση σε σχέση με μία απλή εκτίμηση χρόνου ή κόστους. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη αποφάσεων σχετικά με το χρονοδιάγραμμα, το κόστος και την κατανομή των πόρων. Η μέθοδος μπορεί επίσης να συμβάλει στον εντοπισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν περισσότερο το αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Έτσι, η ομάδα έργου μπορεί να επικεντρώσει την προσοχή της στους παράγοντες που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συμβολή στην αβεβαιότητα του συνολικού αποτελέσματος.

Ωστόσο, η αξιοπιστία της Monte Carlo εξαρτάται σημαντικά από την ποιότητα των δεδομένων και των παραδοχών που εισάγονται στο μοντέλο. Εάν οι αρχικές εκτιμήσεις είναι λανθασμένες ή οι κατανομές δεν αντιπροσωπεύουν ικανοποιητικά την πραγματικότητα, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα. Επομένως, η μέθοδος δεν αντικαθιστά την τεχνική κρίση και την εμπειρία των μηχανικών, αλλά λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης της λήψης αποφάσεων.

Σύνδεση με την παρακολούθηση συμβάσεων και χρονοπρογραμματισμού

Για τον μηχανικό που ασχολείται με την παρακολούθηση συμβάσεων και τον χρονοπρογραμματισμό, η Monte Carlo μπορεί να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο. Τα δεδομένα της πραγματικής προόδου του έργου μπορούν να χρησιμοποιούνται για την αναθεώρηση των αρχικών εκτιμήσεων και την επικαιροποίηση του μοντέλου.

Η χρήση της Monte Carlo μπορεί επομένως να συνδεθεί με το μητρώο κινδύνων, το χρονοδιάγραμμα και την παρακολούθηση των συμβατικών υποχρεώσεων. Οι κίνδυνοι που έχουν καταγραφεί στο μητρώο μπορούν να μεταφραστούν, όταν υπάρχουν επαρκή δεδομένα, σε μεταβλητές του μοντέλου προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη αποφάσεων σχετικά με πιθανές καθυστερήσεις, οικονομικές αποκλίσεις και ανάγκες προσαρμογής του προγραμματισμού.

5.4. Διάγραμμα πιθανότητας και επίπτωσης.

Το διάγραμμα πιθανότητας και επίπτωσης (Probability–Impact Matrix) αποτελεί ένα από τα πιο απλά και πρακτικά εργαλεία για την ποιοτική αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων σε ένα τεχνικό έργο. Βασίζεται στην εξέταση δύο βασικών χαρακτηριστικών κάθε κινδύνου: της πιθανότητας εμφάνισής του και της επίπτωσης που μπορεί να έχει στους στόχους του έργου. Με τον συνδυασμό των δύο αυτών παραμέτρων είναι δυνατό να προσδιοριστεί το σχετικό επίπεδο προτεραιότητας κάθε κινδύνου και να καθοριστούν οι απαιτούμενες ενέργειες αντιμετώπισης (ISO, 2018· PMI, 2021).

Η βασική λογική της μεθόδου είναι ότι ένας κίνδυνος δεν αξιολογείται μόνο με βάση το πόσο συχνά μπορεί να εμφανιστεί, αλλά και με βάση το πόσο σημαντικές θα είναι οι συνέπειές του εάν τελικά εκδηλωθεί. Ένας κίνδυνος με υψηλή πιθανότητα αλλά μικρή επίπτωση μπορεί να απαιτεί διαφορετική αντιμετώπιση από έναν κίνδυνο με μικρή πιθανότητα αλλά πολύ σοβαρές συνέπειες. Επομένως, η ταυτόχρονη εξέταση των δύο παραμέτρων επιτρέπει μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα της σχετικής σημαντικότητας των κινδύνων.

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί με τη δημιουργία ενός πίνακα, στον οποίο η πιθανότητα εμφάνισης τοποθετείται στον έναν άξονα και η επίπτωση στον άλλο. Για την αξιολόγηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα, πέντε επίπεδα: πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε κίνδυνος τοποθετείται σε μία συγκεκριμένη θέση της μήτρας και λαμβάνει ένα αντίστοιχο επίπεδο προτεραιότητας.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Πίνακας 4) Ενδεικτική μήτρα πιθανότητας και επίπτωσης. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία. με βάση PMI (2021).)

Πιθανότητα / Επίπτωση	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Πολύ Υψηλή
Πολύ υψηλή πιθανότητα	Μέτριο	Υψηλό	Υψηλό	Πολύ υψηλό	Πολύ υψηλό
Υψηλή πιθανότητα	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό	Πολύ υψηλό	Πολύ υψηλό
Μέτρια πιθανότητα	Χαμηλό	Μέτριο	Μέτριο	Υψηλό	Πολύ υψηλό
Χαμηλή πιθανότητα	Πολύ Χαμηλό	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό	Υψηλό
Πολύ χαμηλή πιθανότητα	Πολύ Χαμηλό	Πολύ Χαμηλό	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό

Η μήτρα του Πίνακα 4 επιτρέπει την ομαδοποίηση των κινδύνων σε διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας. Οι κίνδυνοι που βρίσκονται στις περιοχές υψηλής ή πολύ υψηλής προτεραιότητας απαιτούν αυξημένη παρακολούθηση και σχεδιασμό συγκεκριμένων μέτρων αντιμετώπισης. Αντίθετα, οι κίνδυνοι χαμηλότερης προτεραιότητας μπορούν να παρακολουθούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα χωρίς να απαιτείται άμεση λήψη σημαντικών μέτρων.

Εφαρμογή της μεθόδου σε τεχνικό έργο

Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα του έργου κατασκευής οδικού τμήματος που εξετάστηκε προηγουμένως. Από την αναγνώριση των κινδύνων έχουν προκύψει διάφορες πιθανές πηγές προβλημάτων, όπως καθυστερήσεις προμηθειών, αλλαγές στη μελέτη, αύξηση του κόστους των υλικών, δυσμενείς καιρικές συνθήκες και ελλείψεις εξειδικευμένου προσωπικού.

Αρχικά, κάθε κίνδυνος εξετάζεται ως προς την πιθανότητα να εμφανιστεί. Για παράδειγμα, εάν οι προμήθειες βασικών υλικών παρουσιάζουν συχνά καθυστερήσεις στην αγορά στην οποία δραστηριοποιείται το έργο, ο συγκεκριμένος κίνδυνος μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλής πιθανότητας.

Στη συνέχεια εξετάζεται η επίπτωση. Εάν η καθυστέρηση ενός συγκεκριμένου υλικού μπορεί να διακόψει μία κρίσιμη δραστηριότητα και να επηρεάσει την ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου, η επίπτωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλή. Ο συνδυασμός υψηλής πιθανότητας και υψηλής επίπτωσης οδηγεί σε υψηλή ή πολύ υψηλή προτεραιότητα και συνεπώς απαιτεί άμεση αντιμετώπιση.

Η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται σε όλους τους κινδύνους που έχουν καταγραφεί στο μητρώο κινδύνων. Έτσι, δημιουργείται μία συνολική εικόνα της κατάστασης και γίνεται ευκολότερο να καθοριστεί πού πρέπει να επικεντρωθεί η προσπάθεια της διοίκησης.

Σύνδεση με τον Πίνακα 1

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα στους κινδύνους που έχουν ήδη καταγραφεί στον Πίνακα 1 – Ενδεικτικός πίνακας αξιολόγησης και ιεράρχησης κινδύνων. Για παράδειγμα, η καθυστέρηση προμήθειας υλικών είχε χαρακτηριστεί ως κίνδυνος υψηλής πιθανότητας και υψηλής επίπτωσης. Σύμφωνα με τη μήτρα του Πίνακα 4, ο συγκεκριμένος συνδυασμός οδηγεί σε πολύ υψηλό επίπεδο κινδύνου.

Αντίστοιχα, οι αλλαγές στη μελέτη μπορούν να θεωρηθούν ως κίνδυνος μέτριας πιθανότητας και υψηλής επίπτωσης. Η θέση τους στη μήτρα οδηγεί σε υψηλή προτεραιότητα αντιμετώπισης. Αντίθετα, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες, όταν χαρακτηρίζονται από μέτρια πιθανότητα και μέτρια επίπτωση, κατατάσσονται σε χαμηλότερο επίπεδο προτεραιότητας και απαιτούν κυρίως συστηματική παρακολούθηση.

Σύνδεση με το χρονοδιάγραμμα και την παρακολούθηση της σύμβασης

Το διάγραμμα πιθανότητας και επίπτωσης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον μηχανικό που ασχολείται με την παρακολούθηση συμβάσεων και τον χρονοπρογραμματισμό. Η αξιολόγηση των κινδύνων μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τις δραστηριότητες του χρονοδιαγράμματος και τις συμβατικές υποχρεώσεις των εμπλεκόμενων μερών.

Για παράδειγμα, εάν μία καθυστέρηση προμήθειας αφορά υλικό που απαιτείται για δραστηριότητα η οποία βρίσκεται στην κρίσιμη διαδρομή του έργου, η επίπτωση της συγκεκριμένης καθυστέρησης μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ο κίνδυνος θα πρέπει επομένως να αξιολογηθεί με αυξημένη προσοχή και να προβλεφθούν έγκαιρα εναλλακτικές λύσεις.

Αντίστοιχα, μία καθυστέρηση στην έκδοση μίας απαιτούμενης έγκρισης μπορεί να επηρεάσει μία ή περισσότερες επόμενες δραστηριότητες. Η παρακολούθηση των εγκρίσεων και των συμβατικών προθεσμιών μπορεί συνεπώς να αποτελέσει μηχανισμό έγκαιρης προειδοποίησης για την ομάδα έργου.

Η εφαρμογή της μήτρας μπορεί επίσης να επαναλαμβάνεται κατά τη διάρκεια της υλοποίησης. Εάν μεταβληθούν οι συνθήκες του έργου, η πιθανότητα ή η επίπτωση ενός κινδύνου μπορεί να αλλάξει και, συνεπώς, να αλλάξει και η θέση του στη μήτρα. Έτσι, η αξιολόγηση παραμένει **δυναμική** και προσαρμόζεται στην πραγματική κατάσταση του έργου.

Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η απλότητα και η ευκολία εφαρμογής. Δεν απαιτεί σύνθετους υπολογισμούς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και όταν τα διαθέσιμα δεδομένα είναι περιορισμένα. Παράλληλα, η οπτική παρουσίαση των κινδύνων διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας έργου και επιτρέπει στη διοίκηση να εντοπίζει γρήγορα τους κινδύνους που απαιτούν μεγαλύτερη προσοχή.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να συνδεθεί εύκολα με το μητρώο κινδύνων. Κάθε κίνδυνος που καταγράφεται στο μητρώο μπορεί να αξιολογείται και να τοποθετείται στη μήτρα, ενώ η θέση του μπορεί να επανεξετάζεται καθώς εξελίσσεται το έργο.

Ωστόσο, η μέθοδος παρουσιάζει και ορισμένους περιορισμούς. Η εκτίμηση της πιθανότητας και της επίπτωσης μπορεί να επηρεάζεται από την υποκειμενική κρίση των μελών της ομάδας έργου, ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχουν επαρκή ιστορικά δεδομένα. Επιπλέον, η μήτρα παρέχει κυρίως ποιοτική ή ημιποσοτική εικόνα και δεν μπορεί να αντικαταστήσει πιο σύνθετες ποσοτικές τεχνικές, όπως η μέθοδος Monte Carlo, όταν απαιτείται λεπτομερής ποσοτική ανάλυση.

Για τον λόγο αυτό, το διάγραμμα πιθανότητας και επίπτωσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ως πρώτο επίπεδο αξιολόγησης και ιεράρχησης, ενώ σε έργα μεγάλης κλίμακας μπορεί να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με πιο προηγμένες τεχνικές.

5.5. Λογισμικά διαχείρισης κινδύνου σε τεχνικά έργα.

Η σύγχρονη διαχείριση τεχνικών έργων υποστηρίζεται σε σημαντικό βαθμό από εξειδικευμένα λογισμικά διαχείρισης έργων και κινδύνων. Η χρήση των λογισμικών αυτών επιτρέπει την οργανωμένη καταγραφή των κινδύνων, την αξιολόγηση και ιεράρχησή τους, την παρακολούθηση των μέτρων αντιμετώπισης και τη σύνδεσή τους με το χρονοδιάγραμμα, το κόστος και τους διαθέσιμους πόρους του έργου. Η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων είναι ιδιαίτερα σημαντική στα σύνθετα τεχνικά έργα, όπου ο μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων και εμπλεκόμενων φορέων καθιστά δύσκολη την αποτελεσματική παρακολούθηση μόνο με χειροκίνητες διαδικασίες.

Τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση κινδύνων μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει λογισμικά γενικής διαχείρισης έργων, τα οποία διαθέτουν λειτουργίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση κινδύνων, όπως το χρονοδιάγραμμα, οι πόροι, το κόστος και η πρόοδος. Η δεύτερη περιλαμβάνει εξειδικευμένες εφαρμογές ποσοτικής ανάλυσης και διαχείρισης κινδύνων, οι οποίες μπορούν να πραγματοποιούν προσομοιώσεις, αναλύσεις σεναρίων και πιο σύνθετες ποσοτικές εκτιμήσεις.

Microsoft Project

Το **Microsoft Project** αποτελεί ένα από τα γνωστότερα εργαλεία για τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση τεχνικών έργων. Παρέχει δυνατότητες δημιουργίας χρονοδιαγραμμάτων, καθορισμού δραστηριοτήτων και εξαρτήσεων, κατανομής πόρων και παρακολούθησης της πραγματικής προόδου σε σχέση με το αρχικό πρόγραμμα.

Παρότι δεν αποτελεί αποκλειστικά λογισμικό διαχείρισης κινδύνων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υποστηρικτικά στη διαδικασία. Για παράδειγμα, μία πιθανή καθυστέρηση σε μία δραστηριότητα μπορεί να καταγραφεί και να αξιολογηθεί ως κίνδυνος, ενώ η επίδρασή της στις επόμενες δραστηριότητες μπορεί να εξεταστεί μέσα από το χρονοδιάγραμμα. Με αυτόν τον τρόπο, η παρακολούθηση του προγράμματος μπορεί να λειτουργήσει ως μηχανισμός έγκαιρης αναγνώρισης κινδύνων.

Για έναν μηχανικό που ασχολείται με τον **χρονοπρογραμματισμό**, η δυνατότητα σύγκρισης της προγραμματισμένης με την πραγματική πρόοδο είναι ιδιαίτερα σημαντική. Οι αποκλίσεις μπορούν να αποτελέσουν ένδειξη ότι ένας κίνδυνος έχει ήδη αρχίσει να εκδηλώνεται και απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

Oracle Primavera P6

Το Oracle Primavera P6 αποτελεί ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο εργαλείο στον προγραμματισμό και τον έλεγχο σύνθετων τεχνικών και κατασκευαστικών έργων. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία λεπτομερών χρονοδιαγραμμάτων, τη διαχείριση δραστηριοτήτων και πόρων, την παρακολούθηση της προόδου και την ανάλυση των αποκλίσεων.

Η χρησιμότητά του στη διαχείριση κινδύνων προκύπτει κυρίως από τη δυνατότητα σύνδεσης των κινδύνων με τις δραστηριότητες του έργου. Για παράδειγμα, ένας κίνδυνος καθυστέρησης προμήθειας μπορεί να συνδεθεί με συγκεκριμένες δραστηριότητες που εξαρτώνται από την παράδοση του υλικού. Εάν οι δραστηριότητες αυτές βρίσκονται σε κρίσιμη διαδρομή, η συγκεκριμένη πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό μεγαλύτερης προτεραιότητας στην αντιμετώπιση του κινδύνου.

Το Primavera μπορεί επομένως να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για την παρακολούθηση του χρόνου και τον εντοπισμό αποκλίσεων, ενώ η πληροφορία που προκύπτει από το χρονοδιάγραμμα μπορεί να τροφοδοτήσει τη διαδικασία διαχείρισης κινδύνων.

Oracle Primavera Cloud

Το Oracle Primavera Cloud συνδυάζει λειτουργίες προγραμματισμού, διαχείρισης έργων, κόστους και κινδύνων σε ένα ενιαίο περιβάλλον. Η δυνατότητα συγκέντρωσης διαφορετικών πληροφοριών σε κοινή πλατφόρμα μπορεί να διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών και την παρακολούθηση της συνολικής κατάστασης του έργου.

Η χρήση ενός ενιαίου ψηφιακού περιβάλλοντος μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε μεγάλα έργα, όπου η πληροφορία προέρχεται από πολλές διαφορετικές πηγές. Οι κίνδυνοι μπορούν να παρακολουθούνται σε συνδυασμό με τις δραστηριότητες, το κόστος και την πρόοδο, ώστε οι υπεύθυνοι του έργου να έχουν πληρέστερη εικόνα των πιθανών επιπτώσεων.

Primavera Risk Analysis

Για πιο εξειδικευμένη **ποσοτική ανάλυση κινδύνων**, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Primavera Risk Analysis. Το συγκεκριμένο εργαλείο συνδέεται με την ανάλυση αβεβαιότητας του χρονοδιαγράμματος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσομοιώσεις Monte Carlo.

Στην πράξη, οι δραστηριότητες του έργου μπορούν να αντιμετωπιστούν ως μεταβλητές που παρουσιάζουν αβεβαιότητα ως προς τη διάρκειά τους. Μέσω επαναλαμβανόμενων προσομοιώσεων εξετάζονται διαφορετικά πιθανά σενάρια και προκύπτει μία κατανομή πιθανών ημερομηνιών ολοκλήρωσης. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται άμεσα με τη μέθοδο Monte Carlo που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

Η χρήση ενός τέτοιου εργαλείου μπορεί να βοηθήσει τη διοίκηση να απαντήσει σε ερωτήματα όπως εάν το υπάρχον χρονοδιάγραμμα είναι ρεαλιστικό, ποια είναι η πιθανότητα ολοκλήρωσης μέχρι μία συγκεκριμένη ημερομηνία και ποιες δραστηριότητες συμβάλλουν περισσότερο στην αβεβαιότητα του συνολικού χρόνου.

@RISK

Το **@RISK** αποτελεί εργαλείο ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων που λειτουργεί σε συνδυασμό με υπολογιστικά φύλλα και χρησιμοποιεί προσομοίωση Monte Carlo. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση αβεβαιότητας σε οικονομικά και χρονικά μεγέθη και να υποστηρίξει τη δημιουργία διαφορετικών σεναρίων.

Στα τεχνικά έργα μπορεί, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθεί για την εξέταση της αβεβαιότητας του κόστους. Εάν το κόστος ενός υλικού ή μιας εργασίας δεν είναι γνωστό με απόλυτη ακρίβεια, μπορούν να εξεταστούν διαφορετικές πιθανές τιμές και να υπολογιστεί η επίδρασή τους στο συνολικό κόστος του έργου.

Η προσέγγιση αυτή μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε έργα όπου υπάρχουν σημαντικές οικονομικές αβεβαιότητες και απαιτείται εκτίμηση του εύρους των πιθανών τελικών αποτελεσμάτων.

Risk Register

Εκτός από τα εξειδικευμένα λογισμικά, σημαντικό ρόλο μπορούν να παίξουν και απλούστερα ψηφιακά εργαλεία για τη δημιουργία και παρακολούθηση ενός **Μητρώου Κινδύνων (Risk Register)**. Ένα τέτοιο μητρώο μπορεί να υλοποιηθεί ακόμη και με τη χρήση υπολογιστικών φύλλων, εφόσον περιλαμβάνει οργανωμένα τα βασικά στοιχεία κάθε κινδύνου.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Για κάθε κίνδυνο μπορούν να καταγράφονται η περιγραφή του, η κατηγορία στην οποία ανήκει, η πιθανότητα εμφάνισης, η επίπτωση, το επίπεδο προτεραιότητας, ο υπεύθυνος παρακολούθησης, τα μέτρα αντιμετώπισης και η τρέχουσα κατάσταση.

Η ψηφιακή μορφή του μητρώου επιτρέπει την ευκολότερη ενημέρωση και τη δημιουργία φίλτρων ή αναφορών. Για παράδειγμα, ο μηχανικός μπορεί να εμφανίσει μόνο τους κινδύνους υψηλής προτεραιότητας ή μόνο εκείνους που σχετίζονται με το χρονοδιάγραμμα.

Συγκριτική παρουσίαση λογισμικών

Η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού εξαρτάται από τις ανάγκες, το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του έργου. Δεν απαιτεί κάθε τεχνικό έργο τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού ποσοτικής ανάλυσης. Σε αρκετές περιπτώσεις, η αποτελεσματική χρήση ενός συστήματος χρονοπρογραμματισμού σε συνδυασμό με ένα οργανωμένο μητρώο κινδύνων μπορεί να είναι επαρκής.

Πίνακας 5) Ενδεικτική σύγκριση λογισμικών διαχείρισης έργων και κινδύνων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία, με βάση τη σχετική βιβλιογραφία διαχείρισης έργων και κινδύνων.)

Λογισμικό / εργαλείο	Κύρια χρήση	Σύνδεση με διαχείριση κινδύνων	Καταλληλότητα
Microsoft Project	Χρονοπρογραμματισμός και παρακολούθηση	Έμμεση, μέσω χρονοδιαγράμματος και αποκλίσεων	Μικρά–μεσαία έργα
Primavera P6	Σύνθετος χρονοπρογραμματισμός και έλεγχος	Σύνδεση κινδύνων με δραστηριότητες και κρίσιμη διαδρομή	Μεσαία–μεγάλα έργα
Primavera Cloud	Διαχείριση έργου, κόστους και κινδύνων	Ενοποιημένη διαχείριση	Μεγάλα και σύνθετα έργα
Primavera Risk Analysis	Ποσοτική ανάλυση κινδύνων	Monte Carlo και ανάλυση αβεβαιότητας	Σύνθετα έργα
@RISK	Ποσοτική ανάλυση αβεβαιότητας	Monte Carlo και ανάλυση σεναρίων	Έργα με σημαντική οικονομική/ποσοτική αβεβαιότητα
Υπολογιστικό φύλλο / Risk Register	Καταγραφή και παρακολούθηση	Άμεση καταγραφή και αξιολόγηση κινδύνων	Μικρά–μεσαία έργα

Επιλογή λογισμικού ανάλογα με το έργο

Η επιλογή ενός λογισμικού δεν θα πρέπει να βασίζεται αποκλειστικά στον αριθμό των διαθέσιμων λειτουργιών, αλλά στις **πραγματικές ανάγκες του τεχνικού έργου**. Σε ένα μικρό έργο

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

με περιορισμένο αριθμό δραστηριοτήτων, ένα απλό χρονοδιάγραμμα και ένα οργανωμένο μητρώο κινδύνων μπορεί να προσφέρουν επαρκή υποστήριξη.

Αντίθετα, σε ένα μεγάλο έργο υποδομής, όπου υπάρχουν πολλές αλληλεξαρτώμενες δραστηριότητες, σημαντικές οικονομικές απαιτήσεις και μεγάλος αριθμός εμπλεκόμενων φορέων, είναι πιθανότερο να απαιτηθούν πιο ολοκληρωμένα συστήματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, εργαλεία όπως το Primavera P6 ή το Primavera Cloud μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση του έργου, ενώ εξειδικευμένες εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ποσοτική ανάλυση της αβεβαιότητας.

Η επιλογή μπορεί επίσης να εξαρτάται από το **στάδιο του έργου**. Κατά τον αρχικό σχεδιασμό μπορεί να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην αναγνώριση και αξιολόγηση των κινδύνων, ενώ κατά την κατασκευή η ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση της προόδου, του κόστους και των αποκλίσεων γίνεται σημαντικότερη.

Σύνδεση με το αντικείμενο της εργασίας

Για τον μηχανικό που ασχολείται με την παρακολούθηση συμβάσεων και τον χρονοπρογραμματισμό, τα λογισμικά διαχείρισης έργων και κινδύνων μπορούν να λειτουργήσουν ως ενιαίο σύστημα υποστήριξης της καθημερινής παρακολούθησης. Το χρονοδιάγραμμα παρέχει πληροφορίες σχετικά με την πρόοδο και τις αποκλίσεις, το μητρώο κινδύνων καταγράφει και ιεραρχεί τα προβλήματα, ενώ τα εξειδικευμένα εργαλεία μπορούν να υποστηρίξουν την ποσοτική αξιολόγηση των επιπτώσεων.

Για παράδειγμα, μία καθυστέρηση στην προμήθεια υλικού μπορεί αρχικά να καταγραφεί στο μητρώο κινδύνων. Στη συνέχεια, η επίδρασή της στις δραστηριότητες του χρονοδιαγράμματος μπορεί να εξεταστεί μέσω του λογισμικού προγραμματισμού. Εάν η αβεβαιότητα της συγκεκριμένης δραστηριότητας είναι σημαντική, μπορεί να πραγματοποιηθεί ποσοτική ανάλυση με προσομοίωση Monte Carlo. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία αλυσίδα πληροφόρησης από την αναγνώριση του κινδύνου έως την ποσοτική αξιολόγηση και τη λήψη απόφασης.

Η αξιοποίηση των λογισμικών μπορεί επομένως να ενισχύσει τη διαφάνεια, την ταχύτητα ενημέρωσης και την ποιότητα της πληροφόρησης που είναι διαθέσιμη στη διοίκηση του έργου. Παράλληλα, περιορίζει την εξάρτηση από αποσπασματικά αρχεία και διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ αναδόχου, επιβλέποντος, μελετητών και λοιπών εμπλεκόμενων φορέων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (Case Studies)

6.1. Παρουσίαση και χαρακτηριστικά του έργου.

Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας διαχείρισης αβεβαιοτήτων και κινδύνων που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, εξετάζεται στη συνέχεια μία υποθετική μελέτη περίπτωσης έργου οδοποιίας. Η επιλογή έργου οδοποιίας κρίνεται κατάλληλη, καθώς πρόκειται για κατηγορία τεχνικών έργων στην οποία συνυπάρχουν σημαντικές τεχνικές, οικονομικές, συμβατικές, οργανωτικές και περιβαλλοντικές αβεβαιότητες. Παράλληλα, η πορεία υλοποίησης τέτοιων έργων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ορθότητα του σχεδιασμού, τη διαθεσιμότητα πόρων, την έγκαιρη προμήθεια υλικών, τις συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος και την αποτελεσματική παρακολούθηση του χρονοδιαγράμματος.

Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης αποτελεί **υποθετικό έργο**, οι βασικές παράμετροι του οποίου έχουν διαμορφωθεί με βάση χαρακτηριστικά και προβλήματα που συναντώνται σε έργα οδοποιίας και αναφέρονται στη σχετική ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Με τον τρόπο αυτό επιδιώκεται η δημιουργία ενός ρεαλιστικού πλαισίου εφαρμογής, χωρίς να αναπαράγονται αυτούσια στοιχεία συγκεκριμένου πραγματικού έργου. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την εφαρμογή των εργαλείων που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και, ταυτόχρονα, τη σύνδεσή τους με το αντικείμενο της παρακολούθησης τεχνικών συμβάσεων και του χρονοπρογραμματισμού.

Το υπό εξέταση έργο αφορά την **κατασκευή και βελτίωση οδικού άξονα συνολικού μήκους 8 km**, ο οποίος βρίσκεται σε ημιορεινή περιοχή και παρουσιάζει απαιτήσεις ως προς τις χωματουργικές εργασίες, την κατασκευή τεχνικών έργων και την αντιμετώπιση των υφιστάμενων φυσικών και γεωτεχνικών συνθηκών. Πρόκειται για δημόσιο τεχνικό έργο, με συνολικό συμβατικό προϋπολογισμό **12.000.000 €** και προβλεπόμενη διάρκεια κατασκευής **18 μήνες**. Για τις ανάγκες της μελέτης θεωρείται ότι η έναρξη των εργασιών πραγματοποιείται τον Ιανουάριο και η συμβατική ολοκλήρωση προβλέπεται μετά την παρέλευση των 18 μηνών.

Ως κύριος του έργου θεωρείται ένας δημόσιος φορέας, ενώ την κατασκευή αναλαμβάνει ο υποθετικός ανάδοχος **«ΑΛΦΑ Α.Ε.»**. Η επίβλεψη και η παρακολούθηση της υλοποίησης πραγματοποιούνται από την αρμόδια τεχνική υπηρεσία και την ομάδα επίβλεψης. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας θεωρείται ότι στην ομάδα διαχείρισης συμμετέχουν, μεταξύ άλλων, Διευθυντής Έργου, Μηχανικός Έργου, Μηχανικός Παρακολούθησης Σύμβασης, Μηχανικός Χρονοπρογραμματισμού, υπεύθυνος προμηθειών, υπεύθυνος εξοπλισμού και υπεύθυνος Υγείας και Ασφάλειας. Η κατανομή αυτή επιτρέπει τη σύνδεση κάθε βασικού κινδύνου με συγκεκριμένη αρμοδιότητα παρακολούθησης και αντιμετώπισης.

Το φυσικό αντικείμενο του έργου περιλαμβάνει ένα σύνολο αλληλοεξαρτώμενων δραστηριοτήτων. Ενδεικτικά, περιλαμβάνονται οι προκαταρκτικές εργασίες και η οργάνωση του εργοταξίου, η εγκατάσταση των εργοταξιακών υποδομών, οι χωματουργικές εργασίες, οι εκσκαφές και η διαμόρφωση του οδικού καταστρώματος, η κατασκευή τεχνικών έργων και έργων αποχέτευσης και αποστράγγισης, η κατασκευή των στρώσεων υπόβασης και βάσης, οι ασφατικές

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

εργασίες, η κατασκευή ερεισμάτων, η τοποθέτηση στηθαίων ασφαλείας, η οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση, η εγκατάσταση ηλεκτροφωτισμού, καθώς και οι τελικές εργασίες, οι έλεγχοι και η παραλαβή του έργου.

Η αλληλουχία των παραπάνω δραστηριοτήτων έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διαχείριση των κινδύνων. Για παράδειγμα, μία καθυστέρηση στις χωματουργικές εργασίες μπορεί να επηρεάσει την έναρξη των τεχνικών έργων και, στη συνέχεια, την κατασκευή των στρώσεων οδοστρώσας και των ασφαλικών εργασιών. Αντίστοιχα, μία καθυστέρηση στην προμήθεια βασικών υλικών μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή ή περιορισμό παραγωγικών δραστηριοτήτων και να δημιουργήσει αλυσιδωτές επιπτώσεις στο συνολικό χρονοδιάγραμμα. Επομένως, η διαχείριση κινδύνων δεν εξετάζεται ανεξάρτητα από τον προγραμματισμό του έργου, αλλά σε άμεση σύνδεση με τις αλληλεξαρτήσεις των δραστηριοτήτων.

Ιδιαίτερη παράμετρος της συγκεκριμένης περίπτωσης αποτελεί η υπόθεση ότι το έργο εκτελείται σε ημιορεινό περιβάλλον. Η επιλογή αυτή επιτρέπει την ενσωμάτωση πιθανών γεωτεχνικών και περιβαλλοντικών αβεβαιοτήτων, όπως διαφοροποιήσεις στις πραγματικές συνθήκες του εδάφους, αυξημένες ανάγκες εκσκαφών, δυσκολίες πρόσβασης, έντονα καιρικά φαινόμενα και προβλήματα αποστράγγισης. Παράλληλα, η γεωγραφική και περιβαλλοντική ιδιαιτερότητα του έργου μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα του εργοταξίου, την κυκλοφορία των υλικών και τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού.

Εκτός από τους τεχνικούς παράγοντες, στο έργο θεωρείται ότι υφίστανται και σημαντικές συμβατικές και οργανωτικές παράμετροι. Η εκτέλεση ενός δημόσιου έργου προϋποθέτει την τήρηση των συμβατικών υποχρεώσεων, την έγκαιρη έγκριση μελετών και τεχνικών υποβολών, την παρακολούθηση των αλλαγών του φυσικού αντικείμενου και τη διαχείριση πιθανών αποκλίσεων από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Κατά συνέπεια, ζητήματα όπως οι καθυστερήσεις εγκρίσεων, οι αλλαγές μελέτης, οι τροποποιήσεις του φυσικού αντικείμενου και οι διαφωνίες ως προς συμβατικούς όρους ενδέχεται να επηρεάσουν τόσο τον χρόνο όσο και το κόστος υλοποίησης.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σύνδεση της διαχείρισης κινδύνων με την **παρακολούθηση της σύμβασης και του χρονοδιαγράμματος**. Ο μηχανικός που είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση της σύμβασης και ο μηχανικός χρονοπρογραμματισμού έχουν καθοριστικό ρόλο στον έγκαιρο εντοπισμό αποκλίσεων, στην αξιολόγηση των επιπτώσεών τους και στην ενημέρωση των υπευθύνων του έργου. Η παρακολούθηση της προόδου σε σχέση με το εγκεκριμένο πρόγραμμα, η καταγραφή των εκκρεμοτήτων, ο έλεγχος των αλλαγών και η παρακολούθηση κρίσιμων δεικτών μπορούν να λειτουργήσουν ως μηχανισμοί έγκαιρης προειδοποίησης.

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά, το έργο αποτελεί κατάλληλο πλαίσιο για την εφαρμογή της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων. Αρχικά θα πραγματοποιηθεί η αναγνώριση και καταγραφή των βασικών κινδύνων που μπορούν να επηρεάσουν την υλοποίηση του έργου. Στη συνέχεια, οι κίνδυνοι θα αξιολογηθούν και θα ιεραρχηθούν σύμφωνα με την πιθανότητα εμφάνισής τους και τη δυνητική επίδρασή τους στους βασικούς στόχους του έργου. Για τους

σημαντικότερους κινδύνους θα εξεταστούν κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης, ενώ παράλληλα θα καθοριστούν υπεύθυνοι παρακολούθησης και κατάλληλοι δείκτες έγκαιρης προειδοποίησης.

6.2. Αναγνώριση και καταγραφή των κινδύνων του Έργου.

Η αναγνώριση των κινδύνων αποτελεί το πρώτο ουσιαστικό στάδιο εφαρμογής της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης. Στόχος της διαδικασίας είναι να εντοπιστούν οι παράγοντες που, εφόσον εμφανιστούν, είναι δυνατό να επηρεάσουν την ομαλή υλοποίηση του έργου, τη συμβατική του διάρκεια, το κόστος, την ποιότητα, την ασφάλεια και την επίτευξη του προβλεπόμενου φυσικού αντικείμενου. Σύμφωνα με τη λογική της σύγχρονης διαχείρισης έργων, η αναγνώριση των κινδύνων δεν αποτελεί μεμονωμένη ενέργεια που πραγματοποιείται μόνο κατά την έναρξη του έργου, αλλά μία δυναμική διαδικασία, η οποία πρέπει να επαναλαμβάνεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής καθώς μεταβάλλονται οι συνθήκες και οι απαιτήσεις του έργου (ISO, 2018· PMI, 2021).

Για την παρούσα μελέτη, η αναγνώριση των κινδύνων βασίστηκε αφενός στα χαρακτηριστικά του υπό εξέταση έργου οδοποιίας και αφετέρου στη σχετική βιβλιογραφία που αφορά τη διαχείριση κινδύνων σε τεχνικά έργα και ειδικότερα σε έργα οδοποιίας. Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε σε κινδύνους που σχετίζονται με τις γεωτεχνικές συνθήκες, τον σχεδιασμό και την κατασκευή, την προμήθεια υλικών, το κόστος, το χρονοδιάγραμμα, τις συμβατικές υποχρεώσεις, τους υπεργολάβους, την ασφάλεια και τους εξωτερικούς παράγοντες. Η επιλογή αυτή ανταποκρίνεται στην πολυπλοκότητα των έργων οδοποιίας, στα οποία οι τεχνικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες αλληλεπιδρούν με τις οικονομικές, οργανωτικές και συμβατικές παραμέτρους του έργου.

Η διαδικασία αναγνώρισης πραγματοποιήθηκε με βάση τα επιμέρους χαρακτηριστικά του έργου που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Ειδικότερα, λήφθηκαν υπόψη η ημιορεινή θέση του έργου, η διάρκεια των 18 μηνών, το ύψος του προϋπολογισμού, η διαδοχή των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων, η ανάγκη προμήθειας σημαντικών ποσοτήτων υλικών, η συμμετοχή διαφορετικών ειδικοτήτων και υπεργολάβων, καθώς και οι απαιτήσεις παρακολούθησης της δημόσιας σύμβασης. Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά προέκυψε ένα σύνολο δεκαπέντε βασικών κινδύνων, οι οποίοι θεωρούνται αντιπροσωπευτικοί για την παρούσα μελέτη περίπτωσης.

Η καταγραφή των κινδύνων πραγματοποιείται μέσω ενός **Μητρώου Κινδύνων (Risk Register)**. Το μητρώο αποτελεί βασικό εργαλείο της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων, καθώς συγκεντρώνει με συστηματικό τρόπο τις διαθέσιμες πληροφορίες για κάθε κίνδυνο και δημιουργεί τη βάση για τα επόμενα στάδια της αξιολόγησης, της ιεράρχησης, της αντιμετώπισης και της παρακολούθησής του. Στην παρούσα εφαρμογή, το μητρώο δεν περιορίζεται στην απλή περιγραφή των κινδύνων, αλλά περιλαμβάνει επίσης την κατηγορία, την πιθανή αιτία, την ενδεικτική επίπτωση, τον υπεύθυνο παρακολούθησης και έναν βασικό δείκτη κινδύνου (Key Risk Indicator – KRI).

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Πίνακας 6) Μητρώο κινδύνων, υπευθύνων και δεικτών παρακολούθησης του έργου οδοποιίας. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία, με βάση τη σχετική βιβλιογραφία διαχείρισης έργων και κινδύνων.)

Κωδικός	Κίνδυνος	Κατηγορία	Πιθανή αιτία	Ενδεικτική επίπτωση	Υπεύθυνος παρακολούθησης	Δείκτης παρακολούθησης (KRI)
R1	Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες	Τεχνικός	Διαφοροποίηση πραγματικών συνθηκών εδάφους από τις μελέτες	Πρόσθετες εργασίες και καθυστέρηση	Τεχνικός Διευθυντής / Μηχανικός Έργου	Αριθμός απρόβλεπτων γεωτεχνικών ευρημάτων
R2	Αλλαγές ή ελλείψεις στη μελέτη	Τεχνικός / Σχεδιαστικός	Ανεπαρκής αρχικός σχεδιασμός ή ανάγκη τροποποίησης	Καθυστερήση και πρόσθετο κόστος	Μηχανικός Έργου / Μηχανικός Σύμβασης	Αριθμός εκκρεμών RFI και εντολών αλλαγής
R3	Καθυστερήσεις προμήθειας υλικών	Εφοδιαστική	Προβλήματα προμηθευτών ή μεταφορών	Καθυστερήση κατασκευαστικών δραστηριοτήτων	Υπεύθυνος Προμηθειών	Ημέρες απόκλισης από την προγραμματισμένη παράδοση
R4	Αύξηση τιμών βασικών υλικών	Οικονομικός	Μεταβολές στην αγορά	Αύξηση κόστους	Διευθυντής Έργου / Οικονομικός Υπεύθυνος	% μεταβολής τιμών βασικών υλικών
R5	Δυσμενείς καιρικές συνθήκες	Εξωτερικός	Έντονες βροχοπτώσεις, χιονόπτωση ή υψηλές θερμοκρασίες	Μείωση παραγωγικότητας και καθυστερήσεις	Μηχανικός Έργου	Ημέρες μη παραγωγικής λειτουργίας λόγω καιρού
R6	Βλάβη βασικού εργοταξιακού εξοπλισμού	Τεχνικός / Λειτουργικός	Μηχανική βλάβη ή ανεπαρκής συντήρηση	Διακοπή ή επιβράδυνση εργασιών	Υπεύθυνος Εξοπλισμού	Ώρες εκτός λειτουργίας βασικού εξοπλισμού
R7	Έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού	Ανθρώπινος	Δυσκολία εξεύρεσης ή διατήρησης προσωπικού	Μείωση παραγωγικότητας	Διευθυντής Έργου / Υπεύθυνος Ανθρώπινου Δυναμικού	Ποσοστό κάλυψης απαιτούμενων θέσεων
R8	Καθυστερήσεις εγκρίσεων και αδειοδοτήσεων	Διοικητικός / Συμβατικός	Χρονοβόρες διαδικασίες ή καθυστερημένη υποβολή στοιχείων	Καθυστερήση εργασιών	Μηχανικός Παρακολούθησης Σύμβασης	Αριθμός και μέση διάρκεια εκκρεμών εγκρίσεων
R9	Καθυστερήσεις ή προβλήματα υπεργολάβων	Οργανωτικός	Ανεπαρκής απόδοση ή οικονομικά προβλήματα	Καθυστερήση επιμέρους εργασιών	Διευθυντής Έργου	Απόκλιση πραγματικής από προγραμματισμένη πρόοδο υπεργολάβου

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

R10	Ατυχήματα και προβλήματα ασφάλειας	Υγεία και Ασφάλεια	Μη τήρηση μέτρων ασφαλείας ή επικίνδυνες συνθήκες	Διακοπή εργασιών και πρόσθετο κόστος	Υπεύθυνος ΥΑΕ	Αριθμός συμβάντων και near misses
R11	Μεταβολή του φυσικού αντικειμένου	Συμβατικός	Νέες απαιτήσεις ή αλλαγές κατά την κατασκευή	Αύξηση χρόνου και κόστους	Μηχανικός Παρακολούθησης Σύμβασης	% μεταβολής φυσικού αντικειμένου
R12	Ασάφειες ή διαφωνίες ως προς συμβατικούς όρους	Συμβατικός / Νομικός	Ασαφείς όροι ή διαφορετική ερμηνεία	Claims και καθυστερήσεις	Μηχανικός Σύμβασης / Νομικός Σύμβουλος	Αριθμός εκκρεμών συμβατικών θεμάτων ή claims
R13	Προβλήματα εφοδιαστικής αλυσίδας	Εξωτερικός	Διακοπές μεταφορών ή περιορισμένη διαθεσιμότητα	Καθυστέρηση προμηθειών	Υπεύθυνος Προμηθειών	Αριθμός κρίσιμων υλικών με κίνδυνο καθυστέρησης
R14	Ανεπαρκής επικοινωνία μεταξύ εμπλεκόμενων	Οργανωτικός	Ελλιπής συντονισμός αναδόχου, επίβλεψης και υπεργολάβων	Λάθη και καθυστερήσεις	Διευθυντής Έργου	Αριθμός εκκρεμών θεμάτων συντονισμού
R15	Αποκλίσεις από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα	Χρονοπρογραμματισμού	Χαμηλή παραγωγικότητα ή συσσώρευση καθυστερήσεων	Παράταση συνολικής διάρκειας	Μηχανικός Χρονοπρογραμματισμού	% απόκλισης πραγματικής από προγραμματισμένη πρόοδο

Η παραπάνω καταγραφή αναδεικνύει ότι οι κίνδυνοι του έργου δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Αντίθετα, σε αρκετές περιπτώσεις δημιουργούνται σχέσεις αλληλεπίδρασης, με αποτέλεσμα ένας αρχικός κίνδυνος να προκαλεί ή να ενισχύει έναν δεύτερο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καθυστέρηση προμήθειας βασικών υλικών (R3), η οποία μπορεί να οδηγήσει σε καθυστέρηση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων και, τελικά, σε απόκλιση από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα (R15). Αντίστοιχα, μία αλλαγή στη μελέτη (R2) μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολή του φυσικού αντικειμένου (R11), πρόσθετες εργασίες και αύξηση της διάρκειας και του κόστους του έργου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η σχέση μεταξύ των κινδύνων και της παρακολούθησης της σύμβασης. Οι κίνδυνοι R8, R11 και R12 συνδέονται άμεσα με τη διαχείριση των συμβατικών υποχρεώσεων, των εγκρίσεων, των αλλαγών και πιθανών αξιώσεων των εμπλεκόμενων μερών. Η έγκαιρη αναγνώριση τέτοιων ζητημάτων επιτρέπει στον μηχανικό παρακολούθησης της

σύμβασης να καταγράφει τις σχετικές εκκρεμότητες, να αξιολογεί τις πιθανές επιπτώσεις τους και να ενημερώνει έγκαιρα τη διοίκηση του έργου.

Παράλληλα, οι δείκτες KRI που περιλαμβάνονται στο μητρώο λειτουργούν ως μηχανισμοί έγκαιρης προειδοποίησης. Για παράδειγμα, η αύξηση των ημερών απόκλισης από τις προγραμματισμένες ημερομηνίες παράδοσης υλικών μπορεί να αποτελέσει ένδειξη ότι ο κίνδυνος R3 αυξάνεται. Αντίστοιχα, η αύξηση των εκκρεμών εγκρίσεων ή των αιτημάτων τεχνικών διευκρινίσεων μπορεί να υποδεικνύει αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης καθυστερήσεων που σχετίζονται με τον σχεδιασμό ή τις διοικητικές διαδικασίες. Με αυτόν τον τρόπο, η παρακολούθηση των κινδύνων μετατρέπεται από μία θεωρητική διαδικασία σε πρακτικό μηχανισμό ελέγχου της πορείας του έργου.

Η χρήση υπευθύνων παρακολούθησης για κάθε κίνδυνο αποτελεί επίσης σημαντικό στοιχείο της προτεινόμενης προσέγγισης. Η ανάθεση συγκεκριμένης ευθύνης αποφεύγει την αντιμετώπιση του κινδύνου ως γενική υποχρέωση της ομάδας έργου και καθιστά σαφές ποιος είναι αρμόδιος για την παρακολούθηση των σχετικών ενδείξεων και την ενεργοποίηση των κατάλληλων ενεργειών. Ιδιαίτερα στα σύνθετα τεχνικά έργα, όπου εμπλέκονται ο κύριος του έργου, ο ανάδοχος, η επίβλεψη, μελετητές, υπεργολάβοι και προμηθευτές, η σαφής κατανομή αρμοδιοτήτων αποτελεί βασική προϋπόθεση αποτελεσματικού συντονισμού.

6.3. Αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων του έργου.

Μετά την αναγνώριση και την καταγραφή των βασικών κινδύνων του έργου, επόμενο στάδιο της διαδικασίας αποτελεί η αξιολόγηση και η ιεράρχησή τους. Σκοπός της αξιολόγησης είναι να προσδιοριστεί ποιοι από τους καταγεγραμμένους κινδύνους απαιτούν αυξημένη διαχειριστική προσοχή και ποιοι μπορούν να αντιμετωπιστούν στο πλαίσιο της συνήθους παρακολούθησης του έργου. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ένα σύνθετο έργο οδοποιίας, καθώς οι διαθέσιμοι οικονομικοί, ανθρώπινοι και χρονικοί πόροι δεν επιτρέπουν την αντιμετώπιση όλων των κινδύνων με την ίδια ένταση.

Η αξιολόγηση στην παρούσα μελέτη πραγματοποιείται με τη χρήση μιας **ημι-ποσοτικής προσέγγισης**, η οποία βασίζεται σε δύο βασικές παραμέτρους: την πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου και την επίπτωσή του στους στόχους του έργου. Η προσέγγιση αυτή είναι συμβατή με τη γενικότερη διαδικασία αξιολόγησης κινδύνων που περιγράφεται στο ISO 31000 και χρησιμοποιείται ευρέως στη διαχείριση τεχνικών έργων για την αρχική ιεράρχηση των κινδύνων (ISO, 2018).

Στην παρούσα εφαρμογή, τόσο η πιθανότητα όσο και η επίπτωση βαθμολογούνται σε κλίμακα από **1 έως 5**. Η βαθμολογία 1 αντιστοιχεί σε πολύ χαμηλό επίπεδο, ενώ η βαθμολογία 5 σε πολύ υψηλό επίπεδο. Η κλίμακα επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση των διαφορετικών κινδύνων και τη δημιουργία μιας ενιαίας βάσης για την ιεράρχησή τους.

6.3.1 Κριτήρια Αξιολόγησης

Η **πιθανότητα εμφάνισης (P)** εκφράζει την εκτίμηση ότι ένας συγκεκριμένος κίνδυνος θα εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου. Για την παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται η ακόλουθη κλίμακα:

Πίνακας 7) **πιθανότητα εμφάνισης (P)** (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Βαθμός	Επίπτωση	Περιγραφή
1	Πολύ χαμηλή	Ελάχιστη πιθανότητα εμφάνισης
2	Χαμηλή	Μικρή πιθανότητα εμφάνισης
3	Μέτρια	Υπαρκτή και αξιοσημείωτη πιθανότητα εμφάνισης
4	Υψηλή	Μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης
5	Πολύ υψηλή	Πολύ μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης

Η **επίπτωση (I)** εκφράζει το μέγεθος των συνεπειών που θα μπορούσε να προκαλέσει η εμφάνιση ενός κινδύνου στους βασικούς στόχους του έργου. Στην αξιολόγηση λαμβάνονται κυρίως υπόψη οι επιπτώσεις στον χρόνο, στο κόστος, στο φυσικό αντικείμενο, στην ποιότητα, στη συμβατική εκτέλεση και στην ασφάλεια.

Πίνακας 8) (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Βαθμός	Επίπτωση	Περιγραφή
1	Πολύ χαμηλή	Αμελητέα επίδραση, χωρίς ουσιαστική επίδραση στους στόχους του έργου
2	Χαμηλή	Περιορισμένη επίδραση, η οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί εύκολα
3	Μέτρια	Αξιοσημείωτη επίδραση σε επιμέρους δραστηριότητες ή πόρους
4	Υψηλή	Σημαντική επίδραση σε χρόνο, κόστος ή/και φυσικό αντικείμενο
5	Πολύ υψηλή	Σοβαρή επίδραση που μπορεί να επηρεάσει ουσιαστικά την επίτευξη των στόχων του έργου

Για την τελική ιεράρχηση χρησιμοποιείται ο δείκτης:

$$R = P \times I \text{ (6.1)}$$

όπου:

- **R** = είναι ο δείκτης επικινδυνότητας,
- **P** = είναι η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου,
- **I** = βαθμολογία επίπτωσης.

Η μέγιστη δυνατή βαθμολογία είναι 25 και η ελάχιστη 1. Με βάση τη βαθμολογία αυτή, οι κίνδυνοι ταξινομούνται ενδεικτικά στις ακόλουθες κατηγορίες:

Πίνακας 8) (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Βαθμολογία R	Επίπεδο κινδύνου	Προτεινόμενη προτεραιότητα
1-4	Πολύ χαμηλό / χαμηλό	Παρακολούθηση
5-9	Μέτριο	Τακτική παρακολούθηση και προληπτικές ενέργειες
10-16	Υψηλό	Αυξημένη παρακολούθηση και συγκεκριμένα μέτρα αντιμετώπισης
17-25	Πολύ υψηλό	Άμεση διαχειριστική αντιμετώπιση

Οι παραπάνω τιμές αποτελούν το σύστημα βαθμολόγησης που υιοθετείται για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης.

6.3.2 Αξιολόγηση των κινδύνων του έργου

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, πραγματοποιείται η αξιολόγηση των δεκαπέντε κινδύνων που καταγράφηκαν στο Μητρώο Κινδύνων της ενότητας 6.2. Η αξιολόγηση λαμβάνει υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του έργου, όπως η ημιορεινή περιοχή κατασκευής, η διάρκεια των 18 μηνών, η πολυπλοκότητα των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων, η εξάρτηση από προμήθειες και υπεργολάβους και η ανάγκη τήρησης των συμβατικών υποχρεώσεων.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Πίνακας 9) Αξιολόγηση και ιεράρχηση των κινδύνων του Έργου. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Κωδικός	Κίνδυνος	Πιθανότητα (P)	Επίπτωση (I)	$R = P \times I$	Επίπεδο	Προτεραιότητα
R1	Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες	3	5	15	Υψηλό	Υψηλή
R2	Αλλαγές ή ελλείψεις στη μελέτη	3	4	12	Υψηλό	Υψηλή
R3	Καθυστέρηση προμήθειας υλικών	4	5	20	Πολύ Υψηλό	Άμεση
R4	Αύξηση τιμών βασικών υλικών	3	4	12	Υψηλό	Υψηλή
R5	Δυσμενείς καιρικές συνθήκες	3	3	9	Μέτριο	Μέτρια
R6	Βλάβη βασικού εργοταξιακού εξοπλισμού	2	3	6	Μέτριο	Μέτρια
R7	Έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού	3	3	9	Μέτριο	Μέτρια
R8	Καθυστερήσεις εγκρίσεων και αδειοδοτήσεων	3	5	15	Υψηλό	Υψηλή
R9	Καθυστερήσεις ή προβλήματα υπεργολάβων	3	4	12	Υψηλό	Υψηλή
R10	Ατυχήματα και προβλήματα ασφάλειας	2	5	10	Υψηλό	Άμεση
R11	Μεταβολή του φυσικού αντικειμένου	3	5	15	Υψηλό	Υψηλή

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

R12	Ασάφειες ή διαφωνίες ως προς συμβατικούς όρους	2	4	8	Μέτριο	Μέτρια
R13	Προβλήματα εφοδιαστικής αλυσίδας	3	4	12	Υψηλό	Υψηλή
R14	Ανεπαρκής επικοινωνία μεταξύ εμπλεκομένων	2	3	6	Μέτριο	Μέτρια
R15	Αποκλίσεις από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα	4	5	20	Πολύ Υψηλό	Άμεση

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι κίνδυνοι δεν παρουσιάζουν την ίδια βαρύτητα για το συγκεκριμένο έργο. Οι υψηλότερες βαθμολογίες καταγράφονται στους κινδύνους **R3 – καθυστέρηση προμήθειας υλικών** και **R15 – αποκλίσεις από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα**, οι οποίοι λαμβάνουν συνολική βαθμολογία 20 και κατατάσσονται στην κατηγορία των πολύ υψηλών κινδύνων.

Η υψηλή βαθμολογία του R3 οφείλεται στο γεγονός ότι ένα έργο οδοποιίας εξαρτάται από την έγκαιρη διαθεσιμότητα σημαντικών ποσοτήτων υλικών, όπως αδρανή υλικά, ασφαλικά υλικά και λοιπά κατασκευαστικά στοιχεία. Μία σημαντική καθυστέρηση στις προμήθειες μπορεί να προκαλέσει διακοπή ή επιβράδυνση διαδοχικών δραστηριοτήτων και, συνεπώς, να επηρεάσει τη συνολική διάρκεια του έργου.

Αντίστοιχα, ο R15 κατατάσσεται επίσης ως πολύ υψηλός κίνδυνος, καθώς η απόκλιση από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα αποτελεί ουσιαστικό δείκτη της συνολικής πορείας του έργου. Η συσσώρευση καθυστερήσεων σε επιμέρους δραστηριότητες μπορεί να επηρεάσει τις επόμενες εργασίες και να οδηγήσει σε απαίτηση παράτασης της συμβατικής διάρκειας. Για τον λόγο αυτό, ο συγκεκριμένος κίνδυνος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον μηχανικό χρονοπρογραμματισμού και τον μηχανικό παρακολούθησης της σύμβασης.

Υψηλή βαθμολογία παρουσιάζουν επίσης οι κίνδυνοι **R1 – απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες**, **R8 – καθυστερήσεις εγκρίσεων και αδειοδοτήσεων** και **R11 – μεταβολή του φυσικού αντικείμενου**, με βαθμολογία 15. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στη διάρκεια και στο κόστος του έργου, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να οδηγήσουν σε αλλαγές στον σχεδιασμό ή στις συμβατικές απαιτήσεις.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Ο κίνδυνος R10, που αφορά την ασφάλεια του εργοταξίου, λαμβάνει βαθμολογία 10. Παρότι η πιθανότητα που χρησιμοποιείται στην παρούσα υποθετική εφαρμογή είναι σχετικά χαμηλή, η επίπτωση ενός σοβαρού ατυχήματος θεωρείται πολύ υψηλή. Το αποτέλεσμα αυτό αναδεικνύει μία σημαντική ιδιαιτερότητα της αξιολόγησης κινδύνων: ένας κίνδυνος μπορεί να απαιτεί αυξημένη προσοχή ακόμη και όταν η πιθανότητα εμφάνισής του δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή, εφόσον οι πιθανές συνέπειες είναι σοβαρές.

Οι κίνδυνοι R5, R6, R7, R12 και R14 κατατάσσονται σε μέτριο επίπεδο. Αυτό δεν σημαίνει ότι μπορούν να αγνοηθούν, αλλά ότι, σύμφωνα με τις παραδοχές της συγκεκριμένης μελέτης, μπορούν να αντιμετωπίζονται κυρίως μέσω της συστηματικής παρακολούθησης και της εφαρμογής προληπτικών ενεργειών.

6.3.3 Μήτρα πιθανότητας – επίπτωσης.

Για την οπτική απεικόνιση της αξιολόγησης χρησιμοποιείται η μήτρα πιθανότητας–επίπτωσης. Η μήτρα επιτρέπει την άμεση συσχέτιση της πιθανότητας εμφάνισης ενός κινδύνου με το μέγεθος της επίπτωσής του και διευκολύνει την αναγνώριση των κινδύνων που απαιτούν άμεση αντιμετώπιση.

Πίνακας 10) Μήτρα πιθανότητας - επίπτωσης των κινδύνων. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Πιθανότητα/Επίπτωση	1-Πολύ χαμηλή	2- Χαμηλή	3- Μέτρια	4- Υψηλή	5-Πολύ υψηλή
5-Πολύ υψηλή	5	10	15	20	25
4- Υψηλή	4	8	12	16	20
3- Μέτρια	3	6	9	12	15
2- Χαμηλή	2	4	6	8	10
1-Πολύ χαμηλή	1	2	3	4	5

Στη μήτρα τοποθετούνται οι κίνδυνοι σύμφωνα με τις βαθμολογίες του Πίνακα 9. Η περιοχή υψηλών και πολύ υψηλών τιμών συγκεντρώνει τους κινδύνους που απαιτούν αυξημένη διαχειριστική προσοχή. Ειδικότερα, οι R3 και R15, με βαθμολογία 20, βρίσκονται στην περιοχή των πολύ υψηλών κινδύνων, ενώ οι R1, R8 και R11, με βαθμολογία 15, κατατάσσονται στην περιοχή των υψηλών κινδύνων.

Η χρήση της μήτρας δεν αντικαθιστά την αναλυτική αξιολόγηση, αλλά λειτουργεί ως ένα εύχρηστο εργαλείο επικοινωνίας των αποτελεσμάτων. Επιτρέπει στα μέλη της ομάδας έργου να αντιληφθούν γρήγορα ποιοι κίνδυνοι απαιτούν άμεση παρέμβαση και ποιοι μπορούν να παρακολουθούνται στο πλαίσιο της καθημερινής διοίκησης του έργου.

6.3.4 Τελική ιεράρχηση των κινδύνων.

Με βάση τη βαθμολογία που προέκυψε από την αξιολόγηση, οι κίνδυνοι μπορούν να καταταχθούν κατά σειρά προτεραιότητας. Η κατάταξη αυτή αποτελεί τη βάση για τον σχεδιασμό των μέτρων αντιμετώπισης που θα εξεταστούν στην επόμενη ενότητα.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Πίνακας 11) Τελική κατάταξη των σημαντικότερων κινδύνων του Έργου. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Κατάταξη	Κωδικός	Κίνδυνος	Βαθμολογία
1	R3	Καθυστερήση προμήθειας υλικών	20
1	R15	Αποκλίσεις από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα	20
3	R1	Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες	15
3	R8	Καθυστερήσεις εγκρίσεων και αδειοδοτήσεων	15
3	R11	Μεταβολή του φυσικού αντικειμένου	15
6	R2	Αλλαγές ή ελλείψεις στη μελέτη	12
6	R4	Αύξηση τιμών βασικών υλικών	12
6	R9	Καθυστερήσεις ή προβλήματα υπεργολάβων	12
6	R13	Προβλήματα εφοδιαστικής αλυσίδας	12
10	R10	Ατυχήματα και προβλήματα ασφάλειας	10
11	R5	Δυσμενείς καιρικές συνθήκες	9
11	R7	Έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού	9
13	R12	Ασάφειες ή διαφωνίες ως προς συμβατικούς όρους	8
14	R6	Βλάβη βασικού εργοταξιακού εξοπλισμού	6
14	R14	Ανεπαρκής επικοινωνία μεταξύ εμπλεκομένων	6

Η τελική κατάταξη δείχνει ότι η μεγαλύτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στους κινδύνους που μπορούν να προκαλέσουν άμεσα ή έμμεσα σημαντικές αποκλίσεις από το συμβατικό χρονοδιάγραμμα. Ιδιαίτερα οι καθυστερήσεις προμηθειών και οι αποκλίσεις από το πρόγραμμα παρουσιάζουν υψηλή προτεραιότητα, καθώς είναι δυνατό να επηρεάσουν ταυτόχρονα περισσότερες από μία δραστηριότητες και να δημιουργήσουν αλυσιδωτές καθυστερήσεις.

Παράλληλα, οι γεωτεχνικές συνθήκες, οι εγκρίσεις και οι μεταβολές του φυσικού αντικειμένου παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον από την πλευρά της διαχείρισης της σύμβασης. Η έγκαιρη παρακολούθησή τους μπορεί να περιορίσει την πιθανότητα να εξελιχθούν σε σοβαρά συμβατικά ή χρονικά προβλήματα.

Η αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα ενότητα αποτελεί, επομένως, το σημείο μετάβασης από την αναγνώριση των κινδύνων στην ενεργό διαχείρισή τους. Οι κίνδυνοι με υψηλή και πολύ υψηλή βαθμολογία θα αποτελέσουν την κύρια βάση για τον καθορισμό των

μέτρων πρόληψης, μετριασμού και αντιμετώπισης που θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα. Παράλληλα, η παρακολούθηση των αντίστοιχων KRI του Πίνακα 6 θα επιτρέψει την έγκαιρη αναγνώριση μεταβολών στο επίπεδο του κινδύνου κατά την εξέλιξη του έργου.

Συμπερασματικά, η ημι-ποσοτική αξιολόγηση επιτρέπει την οργανωμένη ιεράρχηση των κινδύνων και τη συγκέντρωση των διαθέσιμων διαχειριστικών πόρων στα ζητήματα που είναι πιθανότερο να επηρεάσουν ουσιαστικά τους στόχους του έργου. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης περίπτωσης, η προσέγγιση αυτή συνδέεται άμεσα με την παρακολούθηση της σύμβασης και του χρονοδιαγράμματος, καθώς οι υψηλότερα αξιολογημένοι κίνδυνοι μπορούν να ενσωματωθούν στη διαδικασία ελέγχου της προόδου και στη λήψη διορθωτικών ενεργειών.

6.4. Μέτρα αντιμετώπισης των σημαντικότερων κινδύνων.

Μετά την αναγνώριση και την αξιολόγηση των κινδύνων του έργου, το επόμενο στάδιο της διαδικασίας αφορά τον καθορισμό κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπισή τους. Στόχος δεν είναι απαραίτητα η πλήρης εξάλειψη κάθε κινδύνου, καθώς κάτι τέτοιο συχνά δεν είναι εφικτό στα τεχνικά έργα, αλλά η μείωση της πιθανότητας εμφάνισής του ή και ο περιορισμός των συνεπειών του σε περίπτωση εκδήλωσης. Η επιλογή των κατάλληλων μέτρων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη φύση του κινδύνου, τη σοβαρότητα των επιπτώσεών του, το κόστος των προτεινόμενων ενεργειών και τη δυνατότητα έγκαιρης εφαρμογής τους.

Σύμφωνα με τις βασικές αρχές της διαχείρισης κινδύνων, η αντιμετώπιση μπορεί να περιλαμβάνει την αποφυγή, τη μείωση ή μετριασμό, τη μεταφορά και την αποδοχή του κινδύνου. Στα τεχνικά έργα, ιδιαίτερη σημασία έχει η προληπτική αντιμετώπιση, καθώς η έγκαιρη λήψη μέτρων μπορεί να περιορίσει σημαντικά τις επιπτώσεις στον χρόνο, στο κόστος και στην ποιότητα του έργου. Παράλληλα, η αντιμετώπιση των κινδύνων θα πρέπει να ενσωματώνεται στη συνολική διαδικασία διοίκησης του έργου και όχι να αποτελεί μία ανεξάρτητη διαδικασία.

Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης, ως σημαντικότεροι προς αντιμετώπιση θεωρούνται οι κίνδυνοι R3, R15, R1, R8 και R11, οι οποίοι παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή βαθμολογία στην αξιολόγηση του Κεφαλαίου 6.3. Οι συγκεκριμένοι κίνδυνοι συνδέονται άμεσα με τη χρονική και οικονομική απόδοση του έργου, αλλά και με την ομαλή διαχείριση της σύμβασης.

6.4.1 Καθυστέρηση προμήθειας υλικών (R3).

Η καθυστέρηση στην προμήθεια υλικών αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κινδύνους της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης, καθώς αξιολογήθηκε με βαθμολογία 20/25 και χαρακτηρίστηκε ως πολύ υψηλού επιπέδου. Η συγκεκριμένη κατηγορία κινδύνου μπορεί να επηρεάσει άμεσα τη συνέχεια των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για υλικά που χρησιμοποιούνται σε εργασίες οι οποίες βρίσκονται στην κρίσιμη ή κοντά στην κρίσιμη διαδρομή του χρονοδιαγράμματος.

Η βασική προληπτική αντιμετώπιση αφορά τον έγκαιρο προγραμματισμό των προμηθειών. Για τα βασικά υλικά του έργου θα πρέπει να καταρτίζεται πρόγραμμα προμηθειών,

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

το οποίο θα συνδέεται με το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα κατασκευής. Με αυτόν τον τρόπο, οι ημερομηνίες παραγγελίας και παράδοσης των υλικών μπορούν να παρακολουθούνται σε σχέση με τις ημερομηνίες έναρξης των αντίστοιχων εργασιών.

Επιπλέον, σημαντικό μέτρο αποτελεί η έγκαιρη διερεύνηση εναλλακτικών προμηθευτών, ιδιαίτερα για υλικά με μεγάλο χρόνο παράδοσης ή περιορισμένη διαθεσιμότητα. Η ύπαρξη εναλλακτικών λύσεων μπορεί να μειώσει την εξάρτηση του έργου από έναν συγκεκριμένο προμηθευτή και να περιορίσει την πιθανότητα σημαντικής διακοπής των εργασιών.

Σε περίπτωση που η καθυστέρηση έχει ήδη εκδηλωθεί, μπορούν να εξεταστούν διορθωτικές ενέργειες, όπως η αναδιάταξη των δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος, η προσωρινή προτεραιοποίηση άλλων εργασιών που δεν εξαρτώνται από το συγκεκριμένο υλικό ή η αναζήτηση εναλλακτικής πηγής προμήθειας. Ο μηχανικός χρονοπρογραμματισμού θα πρέπει να εξετάζει εάν η καθυστέρηση επηρεάζει την κρίσιμη διαδρομή και εάν απαιτείται αναθεώρηση του προγράμματος εργασιών.

6.4.2 Αποκλίσεις από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα (R15).

Ο κίνδυνος R15 αξιολογήθηκε επίσης με βαθμολογία 20/25 και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κινδύνους της μελέτης περίπτωσης. Η απόκλιση από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα μπορεί να αποτελεί αποτέλεσμα της συσσώρευσης μικρότερων καθυστερήσεων, χαμηλής παραγωγικότητας, προβλημάτων στις προμήθειες, δυσμενών καιρικών συνθηκών ή καθυστερήσεων σε εργασίες που αποτελούν προαπαιτούμενες δραστηριότητες.

Η αντιμετώπιση του συγκεκριμένου κινδύνου προϋποθέτει συστηματική παρακολούθηση της προόδου του έργου. Η πραγματική πρόοδος θα πρέπει να συγκρίνεται σε τακτική βάση με την προγραμματισμένη πρόοδο, ώστε να εντοπίζονται έγκαιρα οι αποκλίσεις. Η σύγκριση μπορεί να πραγματοποιείται σε επίπεδο δραστηριότητας, ομάδας εργασιών και συνολικού έργου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η παρακολούθηση των δραστηριοτήτων που επηρεάζουν την κρίσιμη διαδρομή. Μία μικρή καθυστέρηση σε μία μη κρίσιμη δραστηριότητα μπορεί να απορροφηθεί από τα διαθέσιμα περιθώρια του χρονοδιαγράμματος, ενώ μία αντίστοιχη καθυστέρηση σε κρίσιμη δραστηριότητα μπορεί να μεταφέρει άμεσα την ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου.

Ως προληπτικό μέτρο μπορεί να εφαρμοστεί συστηματική επικαιροποίηση του χρονοδιαγράμματος και καθιέρωση τακτικών ελέγχων προόδου. Όταν εντοπίζεται σημαντική απόκλιση, θα πρέπει να αναλύονται τα αίτια και να καταρτίζεται σχέδιο διορθωτικών ενεργειών. Ανάλογα με την περίπτωση, οι ενέργειες μπορεί να περιλαμβάνουν αύξηση των διαθέσιμων πόρων, αλλαγή της αλληλουχίας των δραστηριοτήτων, ενίσχυση του εξοπλισμού ή αναπροσαρμογή του προγράμματος εργασίας.

Η συγκεκριμένη διαδικασία συνδέεται άμεσα με τον ρόλο του μηχανικού χρονοπρογραμματισμού και του μηχανικού παρακολούθησης της σύμβασης, καθώς οι αποκλίσεις

θα πρέπει όχι μόνο να καταγράφονται αλλά και να τεκμηριώνονται ως προς τα αίτια και τις πιθανές συμβατικές τους συνέπειες.

6.4.3 Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες (R1).

Οι απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο για ένα οδικό έργο που αναπτύσσεται σε ημιορεινή ή ημι-ορεινή περιοχή. Η πραγματική κατάσταση του εδάφους μπορεί να παρουσιάζει διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις διαθέσιμες πληροφορίες της μελέτης, με αποτέλεσμα να απαιτούνται πρόσθετες εργασίες ή διαφορετικές τεχνικές λύσεις.

Η βασική στρατηγική αντιμετώπισης αφορά τη βελτίωση της πληροφόρησης πριν και κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Η αξιοποίηση των διαθέσιμων γεωτεχνικών δεδομένων, η προσεκτική παρακολούθηση των εκσκαφών και η άμεση καταγραφή αποκλίσεων από τις προβλέψεις της μελέτης μπορούν να λειτουργήσουν ως σημαντικά προληπτικά μέτρα.

Σε περίπτωση εντοπισμού διαφορετικών συνθηκών, θα πρέπει να ακολουθείται οργανωμένη διαδικασία τεχνικής αξιολόγησης και λήψης απόφασης. Η ανάγκη πρόσθετων εργασιών ή τροποποίησης της τεχνικής λύσης θα πρέπει να τεκμηριώνεται και να αξιολογείται ως προς την επίδρασή της στο κόστος και στο χρονοδιάγραμμα.

Από πλευράς χρονοπρογραμματισμού, ιδιαίτερη σημασία έχει η έγκαιρη ενσωμάτωση των πρόσθετων δραστηριοτήτων στο πρόγραμμα. Εάν απαιτηθούν πρόσθετες εκσκαφές, αντιστηρίξεις ή εργασίες σταθεροποίησης, θα πρέπει να εξετάζεται η επίδρασή τους στις επόμενες δραστηριότητες και στην κρίσιμη διαδρομή.

Παράλληλα, από πλευράς διαχείρισης της σύμβασης, κάθε διαφοροποίηση από το προβλεπόμενο αντικείμενο θα πρέπει να καταγράφεται και να τεκμηριώνεται, ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί εάν απαιτείται συμβατική μεταβολή, πρόσθετη εργασία ή άλλη διαδικασία που προβλέπεται από τους όρους της σύμβασης.

6.4.4 Καθυστερήσεις εγκρίσεων και αδειοδοτήσεων (R8).

Οι καθυστερήσεις εγκρίσεων και αδειοδοτήσεων αξιολογήθηκαν με βαθμολογία 15/25 και μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την πρόοδο του έργου, ιδιαίτερα όταν αφορούν δραστηριότητες που αποτελούν προαπαιτούμενες ενέργειες για την έναρξη κατασκευαστικών εργασιών.

Η αντιμετώπιση του κινδύνου απαιτεί αρχικά την καταγραφή όλων των απαιτούμενων εγκρίσεων, αδειών, τεχνικών υποβολών και λοιπών διαδικασιών που σχετίζονται με το έργο. Για κάθε διαδικασία θα πρέπει να καθορίζεται ο υπεύθυνος, η ημερομηνία υποβολής, η αναμενόμενη ημερομηνία ολοκλήρωσης και η πραγματική κατάσταση.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Η δημιουργία ενός πίνακα παρακολούθησης εγκρίσεων μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά προς το Risk Register. Με αυτόν τον τρόπο, οι εκκρεμότητες μπορούν να εντοπίζονται πριν μετατραπούν σε πραγματικές καθυστερήσεις.

Σε περίπτωση καθυστέρησης, απαιτείται άμεση διερεύνηση της αιτίας και ενημέρωση των εμπλεκόμενων μερών. Παράλληλα, ο μηχανικός παρακολούθησης της σύμβασης θα πρέπει να εξετάζει εάν η καθυστέρηση επηρεάζει συμβατικές προθεσμίες ή προκαλεί αλυσιδωτές επιπτώσεις στο πρόγραμμα κατασκευής.

6.4.5 Μεταβολή του φυσικού αντικειμένου (R11).

Η μεταβολή του φυσικού αντικειμένου αποτελεί σημαντικό συμβατικό κίνδυνο, καθώς μπορεί να επηρεάσει ταυτόχρονα το κόστος, τη διάρκεια και τον προγραμματισμό του έργου. Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης αξιολογήθηκε με βαθμολογία 15/25.

Η προληπτική αντιμετώπιση περιλαμβάνει τον λεπτομερή έλεγχο του αρχικού αντικειμένου, την έγκαιρη αναγνώριση πιθανών διαφοροποιήσεων και την τεκμηρίωση κάθε προτεινόμενης αλλαγής. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να αποφεύγεται η εφαρμογή αλλαγών χωρίς προηγούμενη τεχνική και συμβατική αξιολόγηση.

Κάθε μεταβολή θα πρέπει να εξετάζεται ως προς τις επιπτώσεις της στις ποσότητες, στο κόστος, στις απαιτούμενες εργασίες και στις συμβατικές προθεσμίες. Από πλευράς χρονοπρογραμματισμού, η αλλαγή θα πρέπει να ενσωματώνεται στο πρόγραμμα με σαφή προσδιορισμό των νέων δραστηριοτήτων και των εξαρτήσεών τους.

Ο μηχανικός παρακολούθησης της σύμβασης έχει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη συγκεκριμένη διαδικασία. Η έγκαιρη καταγραφή των μεταβολών, η τεκμηρίωση των αιτιών και η παρακολούθηση των απαιτούμενων εγκρίσεων συμβάλλουν στον περιορισμό του κινδύνου εμφάνισης διαφορών και απαιτήσεων μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών.

6.4.6 Συνολικός πίνακας μέτρων αντιμετώπισης.

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση, τα βασικά μέτρα αντιμετώπισης των σημαντικότερων κινδύνων συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 12) Συνολικός πίνακας μέτρων αντιμετώπισης. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Κίνδυνος	Προληπτικά μέτρα	Διορθωτικά μέτρα	Υπεύθυνος	Βασικός δείκτης παρακολούθησης
R3 – Καθυστέρηση προμήθειας υλικών	Πρόγραμμα προμηθειών, έγκαιρες παραγγελίες, εναλλακτικοί προμηθευτές	Αλλαγή προμηθευτή, αναδιάταξη εργασιών, επιτάχυνση προμήθειας	Υπεύθυνος Προμηθειών / Διευθυντής Έργου	Ημέρες καθυστέρησης παράδοσης
R15 – Αποκλίσεις χρονοδιαγράμματος	Συστηματική παρακολούθηση προόδου,	Ανακατανομή πόρων, αλλαγή αλληλουχίας,	Μηχανικός Χρονοπρογραμματισμού	% απόκλισης προόδου

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

	επικαιροποίηση προγράμματος	πρόγραμμα ανάκαμψης		
R1 – Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες	Έλεγχος διαθέσιμων γεωτεχνικών δεδομένων, παρακολούθηση εκσκαφών	Τεχνική επανεξέταση, πρόσθετες εργασίες, αναθεώρηση προγράμματος	Μηχανικός Έργου / Τεχνικός Διευθυντής	Αριθμός απρόβλεπτων ευρημάτων
R8 – Καθυστερήσεις εγκρίσεων	Πίνακας παρακολούθησης εγκρίσεων, έγκαιρες υποβολές	Επίσπηση διαδικασιών, επανυποβολή στοιχείων, αναπρογραμματισμός	Μηχανικός Παρακολούθησης Σύμβασης	Αριθμός και διάρκεια εκκρεμοτήτων
R11 – Μεταβολή φυσικού αντικείμενου	Έλεγχος μελέτης και αντικείμενου, έγκαιρη τεκμηρίωση αλλαγών	Συμβατική διαδικασία αλλαγής, αναθεώρηση κόστους και χρόνου	Μηχανικός Σύμβασης / Διευθυντής Έργου	% μεταβολής φυσικού αντικείμενου

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η αποτελεσματική αντιμετώπιση των κινδύνων δεν βασίζεται σε ένα μεμονωμένο μέτρο, αλλά σε έναν συνδυασμό προληπτικών και διορθωτικών ενεργειών. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η σύνδεση των ενεργειών αυτών με το χρονοδιάγραμμα και το σύστημα παρακολούθησης της σύμβασης.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καθυστέρηση προμήθειας υλικών. Η έγκαιρη παρακολούθηση της ημερομηνίας παράδοσης αποτελεί προληπτικό μέτρο, ενώ η αναδιάταξη των δραστηριοτήτων αποτελεί διορθωτικό μέτρο όταν η καθυστέρηση έχει ήδη εμφανιστεί. Αντίστοιχα, στην περίπτωση μεταβολής του φυσικού αντικείμενου, η έγκαιρη καταγραφή και τεκμηρίωση της αλλαγής μπορεί να περιορίσει τις μελλοντικές συμβατικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Συνεπώς, η διαχείριση κινδύνων πρέπει να αντιμετωπίζεται ως συνεχής διαδικασία, η οποία συνδέεται με την καθημερινή παρακολούθηση του έργου. Η αποτελεσματικότητα των μέτρων δεν κρίνεται μόνο από το εάν εφαρμόστηκαν, αλλά κυρίως από το κατά πόσο περιόρισαν την πιθανότητα εκδήλωσης του κινδύνου ή τις επιπτώσεις του στους στόχους του έργου.

Στην επόμενη ενότητα εξετάζεται αναλυτικότερα η επίδραση των κινδύνων στο χρονοδιάγραμμα και στο κόστος του έργου, με ιδιαίτερη έμφαση στον τρόπο με τον οποίο οι κίνδυνοι μπορούν να μετατραπούν σε συγκεκριμένες χρονικές και οικονομικές αποκλίσεις.

6.5. Επίδραση των κινδύνων στο χρονοδιάγραμμα και το κόστος.

Η εμφάνιση ενός κινδύνου σε ένα τεχνικό έργο μπορεί να επηρεάσει περισσότερους από έναν βασικούς στόχους του έργου. Ιδιαίτερα στα έργα οδοποιίας, οι επιπτώσεις των κινδύνων συνδέονται σε μεγάλο βαθμό με τη διάρκεια των εργασιών, το απαιτούμενο κόστος, την παραγωγικότητα των συνεργείων και την ομαλή εξέλιξη των συμβατικών υποχρεώσεων. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση ενός κινδύνου δεν θα πρέπει να περιορίζεται μόνο στην πιθανότητα εμφάνισής του, αλλά να εξετάζει και τον τρόπο με τον οποίο η εκδήλωσή του μπορεί να μεταβάλει το χρονοδιάγραμμα και τον προϋπολογισμό του έργου.

Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης, το αρχικό έργο έχει θεωρητική συμβατική διάρκεια **18 μηνών** και προϋπολογισμό **12.000.000 €**

6.5.1 Επίδραση των κινδύνων στο χρονοδιάγραμμα.

Ο χρόνος αποτελεί έναν από τους βασικότερους περιορισμούς στη διαχείριση ενός τεχνικού έργου. Η καθυστέρηση μιας δραστηριότητας δεν συνεπάγεται απαραίτητα καθυστέρηση της συνολικής ημερομηνίας ολοκλήρωσης. Η τελική επίπτωση εξαρτάται από τη θέση της δραστηριότητας στο δίκτυο του έργου, τις εξαρτήσεις της από άλλες δραστηριότητες και το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο.

Στην περίπτωση του εξεταζόμενου οδικού έργου, οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την προμήθεια υλικών, τις γεωτεχνικές συνθήκες, τις εγκρίσεις, τις αλλαγές του φυσικού αντικειμένου και την παραγωγικότητα μπορούν να δημιουργήσουν αλυσιδωτές καθυστερήσεις. Για παράδειγμα, μία καθυστέρηση στην προμήθεια υλικών μπορεί να εμποδίσει την έναρξη ή την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας, η οποία με τη σειρά της μπορεί να αποτελεί προαπαιτούμενο για την έναρξη επόμενων εργασιών.

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει ο κίνδυνος R15, δηλαδή η απόκλιση από το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Ο συγκεκριμένος κίνδυνος μπορεί να θεωρηθεί τόσο αποτέλεσμα άλλων κινδύνων όσο και αυτοτελής κίνδυνος. Για παράδειγμα, οι καθυστερήσεις στις προμήθειες (R3), οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες (R5), οι γεωτεχνικές διαφοροποιήσεις (R1) και οι καθυστερήσεις εγκρίσεων (R8) μπορούν να οδηγήσουν σε συσσώρευση αποκλίσεων, η οποία τελικά αποτυπώνεται στο συνολικό χρονοδιάγραμμα.

Για την παρακολούθηση της επίδρασης των κινδύνων στον χρόνο είναι απαραίτητη η συστηματική σύγκριση μεταξύ προγραμματισμένης και πραγματικής προόδου. Η διαδικασία αυτή μπορεί να πραγματοποιείται μέσω των τακτικών ενημερώσεων του χρονοδιαγράμματος και της παρακολούθησης των βασικών οροσίων του έργου.

Στην παρούσα μελέτη θεωρείται ενδεικτικά ότι η εκδήλωση συγκεκριμένων κινδύνων μπορεί να προκαλέσει τις ακόλουθες χρονικές επιπτώσεις:

Πίνακας 13) Χρονικών επιπτώσεων. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Κίνδυνος	Ενδεικτική επίπτωση στη διάρκεια του Έργου	Μηχανισμός Επίδρασης
R1 – Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες	+20 ημέρες	Πρόσθετες εκσκαφές και τεχνικές εργασίες
R3 – Καθυστέρηση προμήθειας υλικών	+15 ημέρες	Καθυστέρηση έναρξης/ολοκλήρωσης εργασιών
R5 – Δυσμενείς καιρικές συνθήκες	+10 ημέρες	Μείωση παραγωγικότητας και διακοπή εργασιών
R8 – Καθυστερήσεις εγκρίσεων	+12 ημέρες	Αναμονή για απαιτούμενες εγκρίσεις

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

R9 – Καθυστερήσεις ή προβλήματα υπεργολάβων	+10 ημέρες	Μειωμένη πρόοδος επιμέρους εργασιών
R11 – Μεταβολή φυσικού αντικειμένου	+18 ημέρες	Πρόσθετες εργασίες και αναπρογραμματισμός

Οι παραπάνω επιπτώσεις δεν θα πρέπει να αθροίζονται μηχανικά, καθώς ορισμένοι κίνδυνοι μπορεί να εμφανιστούν ταυτόχρονα ή να επηρεάσουν τις ίδιες δραστηριότητες. Επιπλέον, ένα μέρος της καθυστέρησης μπορεί να απορροφηθεί από τα διαθέσιμα χρονικά περιθώρια του χρονοδιαγράμματος. Επομένως, για τον προσδιορισμό της πραγματικής επίδρασης στην ημερομηνία ολοκλήρωσης απαιτείται εξέταση των εξαρτήσεων και της κρίσιμης διαδρομής.

Η απλή καταγραφή ότι μία δραστηριότητα καθυστέρησε δεν επαρκεί. Απαιτείται να εξεταστεί εάν η καθυστέρηση μεταβάλλει την κρίσιμη διαδρομή, μειώνει τα χρονικά περιθώρια άλλων δραστηριοτήτων ή δημιουργεί ανάγκη λήψης μέτρων ανάκαμψης.

6.5.2 Επίδραση των κινδύνων στο κόστος.

Παράλληλα με τον χρόνο, σημαντικές μπορεί να είναι και οι οικονομικές επιπτώσεις των κινδύνων. Η αύξηση του κόστους μπορεί να προκύψει από πρόσθετες εργασίες, αύξηση των τιμών υλικών, χαμηλότερη παραγωγικότητα, παρατεταμένη χρήση εξοπλισμού και προσωπικού ή από την ανάγκη λήψης έκτακτων μέτρων για την ανάκτηση καθυστερήσεων.

Στο εξεταζόμενο έργο, ιδιαίτερη οικονομική επίπτωση μπορεί να έχουν οι απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες, η μεταβολή του φυσικού αντικειμένου, η αύξηση των τιμών βασικών υλικών και οι καθυστερήσεις. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορούν να οδηγήσουν είτε σε άμεση αύξηση του κόστους είτε σε έμμεσες επιβαρύνσεις λόγω της παράτασης της χρονικής διάρκειας του έργου.

Ενδεικτικά, για τους σημαντικότερους κινδύνους της μελέτης περίπτωσης θεωρούνται οι ακόλουθες πιθανές οικονομικές επιπτώσεις:

Πίνακας 24) Οικονομικές επιπτώσεις στο Έργο. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Κίνδυνος	Ενδεικτική Οικονομική επίπτωση του Έργου	Μηχανισμός Επίδρασης
R1 – Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες	+180.000€	Πρόσθετες εργασίες και υλικά
R3 – Καθυστερήσεις προμήθειας υλικών	+80.000€	Πρόσθετα έξοδα προμήθειας και διαχείρισης
R4 – Αύξηση τιμών βασικών υλικών	+150.000€	Μεταβολή τιμών αγοράς
R8 – Καθυστερήσεις εγκρίσεων	+60.000€	Πρόσθετα γενικά έξοδα και παρατεταμένη διάρκεια
R9 – Καθυστερήσεις ή προβλήματα υπεργολάβων	+70.000€	Μειωμένη παραγωγικότητα και αναδιοργάνωση
R11 – Μεταβολή φυσικού αντικειμένου	+250.000€	Πρόσθετες ποσότητες και εργασίες

Επιπλέον, είναι σημαντικό να διαχωρίζεται το **άμεσο κόστος** από το **έμμεσο κόστος** ενός κινδύνου. Για παράδειγμα, μία γεωτεχνική διαφοροποίηση μπορεί να προκαλέσει άμεσο κόστος λόγω πρόσθετων εκσκαφών ή υλικών. Παράλληλα, όμως, μπορεί να οδηγήσει σε παράταση της διάρκειας του έργου, προκαλώντας πρόσθετα γενικά έξοδα εργοταξίου, κόστος προσωπικού, εξοπλισμού και διοικητικής υποστήριξης.

Με τον τρόπο αυτό, ένας αρχικά τεχνικός κίνδυνος μπορεί να μετατραπεί ταυτόχρονα σε χρονικό, οικονομικό και συμβατικό κίνδυνο. Η αλληλεπίδραση αυτή αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των τεχνικών έργων και καθιστά αναγκαία την ολοκληρωμένη παρακολούθηση των κινδύνων.

6.5.3 Συσχέτιση χρόνου και κόστους.

Χρόνος και κόστος αποτελούν αλληλένδετες παραμέτρους στη διαχείριση ενός τεχνικού έργου. Η καθυστέρηση μιας εργασίας μπορεί να προκαλέσει αύξηση του κόστους, ενώ αντίστοιχα μία προσπάθεια επιτάχυνσης του έργου μπορεί να απαιτήσει πρόσθετους πόρους.

Στην εξεταζόμενη περίπτωση, για παράδειγμα, εάν η καθυστέρηση στην προμήθεια υλικών οδηγήσει σε διακοπή μιας δραστηριότητας, η επίπτωση δεν περιορίζεται μόνο στις ημέρες καθυστέρησης. Μπορεί να δημιουργηθεί κόστος από την αδράνεια εξοπλισμού και προσωπικού, από την ανάγκη αλλαγής της σειράς εκτέλεσης των εργασιών ή από την ανάγκη επιτάχυνσης σε μεταγενέστερο στάδιο.

Αντίστοιχα, σε περίπτωση γεωτεχνικού προβλήματος, το έργο μπορεί να χρειαστεί πρόσθετες εργασίες, οι οποίες αυξάνουν το κόστος και παράλληλα μεταβάλλουν τη διάρκεια. Επομένως, η παρακολούθηση του κόστους δεν θα πρέπει να πραγματοποιείται ανεξάρτητα από την παρακολούθηση του χρόνου.

Ένα αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου θα πρέπει να συνδέει:

Κίνδυνο → Δραστηριότητα → Χρονική επίπτωση → Οικονομική επίπτωση → Διορθωτική ενέργεια.

Η σύνδεση αυτή επιτρέπει στη διοίκηση του έργου να αξιολογεί όχι μόνο το τι έχει ήδη συμβεί, αλλά και το πώς μία υφιστάμενη απόκλιση μπορεί να επηρεάσει την τελική έκβαση του έργου.

6.5.4 Επίδραση των κινδύνων στη διαχείριση της σύμβασης.

Οι επιπτώσεις των κινδύνων στον χρόνο και στο κόστος έχουν άμεση σχέση και με την παρακολούθηση της σύμβασης. Όταν ένας κίνδυνος προκαλεί σημαντική μεταβολή στις εργασίες, στη διάρκεια ή στο κόστος, είναι απαραίτητο να εξετάζεται εάν δημιουργούνται συμβατικές υποχρεώσεις ή δικαιώματα για τα εμπλεκόμενα μέρη.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Για τον λόγο αυτό, κάθε σημαντική απόκλιση θα πρέπει να τεκμηριώνεται ως προς την αιτία, την ημερομηνία εμφάνισης, τις επηρεαζόμενες δραστηριότητες και τις οικονομικές συνέπειες. Η τεκμηρίωση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει ημερολόγια έργου, αναφορές προόδου, αλληλογραφία, τεχνικές αναφορές, ενημερωμένα χρονοδιαγράμματα και στοιχεία κόστους.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η διάκριση μεταξύ καθυστέρησης που οφείλεται σε γεγονός εντός του ελέγχου του αναδόχου και καθυστέρησης που προκαλείται από εξωτερικό ή συμβατικά αναγνωριζόμενο γεγονός. Η διάκριση αυτή μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες για την αξιολόγηση πιθανής παράτασης χρόνου ή άλλων συμβατικών απαιτήσεων.

Στο πλαίσιο αυτό, ο μηχανικός παρακολούθησης της σύμβασης και ο μηχανικός χρονοπρογραμματισμού θα πρέπει να συνεργάζονται στενά. Ο πρώτος επικεντρώνεται στη συμβατική και τεχνική τεκμηρίωση, ενώ ο δεύτερος στην ποσοτικοποίηση της επίδρασης στο χρονοδιάγραμμα. Η συνδυασμένη προσέγγιση παρέχει πληρέστερη εικόνα για την πραγματική επίδραση ενός κινδύνου στο έργο.

6.5.5 Συνολική επίπτωση στο Έργο.

Ως αρχική βάση θεωρείται συμβατική διάρκεια **18 μηνών**, η οποία αντιστοιχεί ενδεικτικά σε **548 ημερολογιακές ημέρες**, και αρχικός προϋπολογισμός **12.000.000 €**.

Στο υποθετικό σενάριο θεωρείται ότι εμφανίζονται οι ακόλουθοι κίνδυνοι:

Κίνδυνος	Θεωρητική καθυστέρηση	Εκτιμώμενη οικονομική επίπτωση
R1 – Απρόβλεπτες γεωτεχνικές συνθήκες	+20 ημέρες	+180.000€
R3 – Καθυστέρηση προμήθειας υλικών	+15 ημέρες	+80.000€
R5 – Δυσμενείς καιρικές συνθήκες	+10 ημέρες	-
R8 – Καθυστερήσεις εγκρίσεων	+12 ημέρες	+60.000€
R9 – Καθυστερήσεις ή προβλήματα υπεργολάβων	+10 ημέρες	+70.000€
R11 – Μεταβολή φυσικού αντικειμένου	+18 ημέρες	+250.000€

Εάν οι παραπάνω καθυστερήσεις αθροίζονταν χωρίς να ληφθούν υπόψη οι αλληλεπικαλύψεις μεταξύ των δραστηριοτήτων, θα προέκυπτε θεωρητική συνολική καθυστέρηση **85 ημερών**. Ωστόσο, μία τέτοια προσέγγιση θα υπερεκτιμούσε την πραγματική επίπτωση, καθώς ορισμένοι κίνδυνοι μπορούν να εκδηλωθούν κατά το ίδιο χρονικό διάστημα ή να αφορούν δραστηριότητες με διαθέσιμο χρονικό περιθώριο.

Για τις ανάγκες του παρόντος σεναρίου θεωρείται, συνεπώς, ότι μετά την εξέταση των εξαρτήσεων του χρονοδιαγράμματος και της κρίσιμης διαδρομής, η καθαρή επίπτωση στην ημερομηνία ολοκλήρωσης ανέρχεται σε **42 ημέρες**.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Η απλή αριθμητική πρόσθεση των ονομαστικών καθυστερήσεων από τους επιμέρους κινδύνους οδηγεί σε ένα πλασματικό σύνολο 85 ημερών (20 + 15 + 10 + 12 + 10 + 18). Ωστόσο, στη διαχείριση τεχνικών έργων, η πραγματική χρονική επιβάρυνση στην ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου προσδιορίζεται αποκλειστικά από τις μεταβολές στην **Κρίσιμη Διαδρομή (Critical Path)**.

Μέσω της δικτυωτής ανάλυσης CPM (Critical Path Method), οι 85 ημέρες θεωρητικής καθυστέρησης αναλύονται ως εξής:

1. **Απορρόφηση από Χρονικά Περιθώρια (Total Float):**

- Ο κίνδυνος **R5 (Δυσμενείς καιρικές συνθήκες - 10 ημέρες)** επηρεάζει τις εξωτερικές χωματουργικές εργασίες σε φάση που υπάρχει διαθέσιμο χρονικό περιθώριο (float) 12 ημερών. Συνεπώς, απορροφάται πλήρως και επιφέρει **0 ημέρες** καθυστέρηση στην κρίσιμη διαδρομή.
- Ο κίνδυνος **R9 (Προβλήματα υπεργολάβων στα τεχνικά - 10 ημέρες)** αφορά δευτερεύοντα τεχνικά έργα με float 6 ημερών. Επηρεάζει την κρίσιμη διαδρομή μόνο κατά **4 ημέρες** (τα υπόλοιπα 6 απορροφώνται).

2. **Σύγχρονες / Παράλληλες Καθυστερήσεις (Concurrent Delays):**

- Οι κίνδυνοι **R3 (Καθυστερήσεις προμηθειών - 15 ημέρες)** και **R8 (Καθυστερήσεις εγκρίσεων προσβάσεων - 12 ημέρες)** εκδηλώνονται ταυτόχρονα κατά τον 6ο μήνα του έργου. Επειδή εξελίσσονται παράλληλα, η κρίσιμη διαδρομή επιβαρύνεται μόνο από τη μεγαλύτερη καθυστέρηση (**15 ημέρες**), ενώ οι 12 ημέρες του R8 αλληλοεπικαλύπτονται.

3. **Άμεση Επιβάρυνση Κρίσιμης Διαδρομής:**

- Ο κίνδυνος **R1 (Γεωτεχνικά - 20 ημέρες)** και ο **R11 (Επέκταση φυσικού αντικειμένου - 18 ημέρες)** αφορούν αμιγώς κρίσιμες δραστηριότητες (εκσκαφές οδοστρώσας & θεμελιώσεις) χωρίς float, μετατοπίζοντας άμεσα το χρονοδιάγραμμα κατά **20 και 18 ημέρες** αντίστοιχα (με μερική αλληλοεπικάλυψη 1 εβδομάδας κατά τη φάση αναθεώρησης μελέτης).

Κατά συνέπεια, ο υπολογισμός της καθαρής επιβάρυνσης στην κρίσιμη διαδρομή διαμορφώνεται ως εξής:

$$\text{Καθαρή Επιβάρυνση} = R_1(15 \text{ ημ.}) + R_3(15 \text{ ημ.}) + R_9(4 \text{ ημ.}) + R_{11}(8 \text{ ημ.}) = 42 \text{ ημέρες (6.2)}$$

Έτσι, η συνολική διάρκεια του έργου αυξάνεται από τις **548 ημέρες (18 μήνες)** στις **590 ημέρες (~19,4 μήνες)**, παρουσιάζοντας πραγματική χρονική απόκλιση +7,7%.

Επομένως, στο συγκεκριμένο σενάριο προκύπτει καθυστέρηση περίπου **7,7%** σε σχέση με την αρχική συμβατική διάρκεια.

Από οικονομικής πλευράς, οι άμεσες επιπτώσεις των κινδύνων R1, R3, R8, R9 και R11 ανέρχονται συνολικά σε:

$$180.000 + 80.000 + 60.000 + 70.000 + 250.000 = 640.000 \text{ € (6.3)}$$

Στο ποσό αυτό θεωρείται ότι προστίθεται μία ενδεικτική επιβάρυνση **120.000 €** λόγω της παράτασης της διάρκειας του έργου. Η επιβάρυνση αυτή αντιπροσωπεύει πρόσθετα γενικά έξοδα εργοταξίου, προσωπικού, εξοπλισμού και διοικητικής υποστήριξης.

Επομένως, η συνολική ενδεικτική οικονομική επίπτωση διαμορφώνεται σε:

$$640.000 \text{ €} + 120.000 \text{ €} = 760.000 \text{ € (6.4)}$$

Ο αναθεωρημένος θεωρητικός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται συνεπώς σε:

$$12.000.000 \text{ €} + 760.000 \text{ €} = 12.760.000 \text{ € (6.5)}$$

δηλαδή παρουσιάζεται ενδεικτική αύξηση του συνολικού κόστους κατά:

$$760.000 / 12.000.000 \times 100 = 6,33\% \text{ (6.6)}$$

Το αριθμητικό αυτό σενάριο αναδεικνύει τη σημασία της ολοκληρωμένης διαχείρισης κινδύνων. Παρότι το άθροισμα των επιμέρους θεωρητικών καθυστερήσεων ανέρχεται σε 85 ημέρες, η τελική επίδραση στην ημερομηνία ολοκλήρωσης περιορίζεται στις 42 ημέρες, λόγω της αλληλεπικάλυψης των επιπτώσεων και της αξιοποίησης των χρονικών περιθωρίων του χρονοδιαγράμματος. Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς καταδεικνύει ότι η εκτίμηση της συνολικής επίδρασης δεν μπορεί να πραγματοποιείται με απλή αριθμητική πρόσθεση των επιμέρους καθυστερήσεων.

Αντίστοιχα, η αύξηση του κόστους κατά **760.000 €**, δηλαδή περίπου **6,33% του αρχικού προϋπολογισμού**, προκύπτει από τον συνδυασμό άμεσων και έμμεσων επιβαρύνσεων. Η παράταση της διάρκειας του έργου δημιουργεί πρόσθετα έξοδα, τα οποία δεν θα ήταν απαραίτητα εάν οι κίνδυνοι είχαν αντιμετωπιστεί αποτελεσματικότερα ή εάν δεν είχαν εκδηλωθεί.

Η έγκαιρη αναγνώριση των κινδύνων, η παρακολούθηση των δεικτών έγκαιρης προειδοποίησης και η άμεση εφαρμογή διορθωτικών μέτρων μπορούν να περιορίσουν τόσο την πιθανότητα εμφάνισης των γεγονότων όσο και το τελικό μέγεθος των επιπτώσεών τους.

6.6. Συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης.

Η μελέτη περίπτωσης ανέδειξε τη σύνθετη φύση της διαχείρισης κινδύνων σε ένα τεχνικό έργο και τη σημασία της έγκαιρης αναγνώρισης και αντιμετώπισης των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή εκτέλεσή του. Η ανάλυση έδειξε ότι οι αβεβαιότητες που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση ενός έργου μπορούν να επηρεάσουν περισσότερες από μία διαστάσεις του, γεγονός που καθιστά απαραίτητη μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διοίκησή του.

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ενσωμάτωση της διαχείρισης κινδύνων στην καθημερινή παρακολούθηση του έργου. Η αξιοποίηση των διαθέσιμων στοιχείων προόδου, του χρονοδιαγράμματος, του κόστους και της συμβατικής πληροφόρησης μπορεί να συμβάλει στην έγκαιρη αναγνώριση αποκλίσεων και στη λήψη διορθωτικών αποφάσεων πριν αυτές εξελιχθούν σε σημαντικά προβλήματα.

Παράλληλα, η περίπτωση ανέδειξε τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων στελεχών και ιδιαίτερα του μηχανικού που είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση της σύμβασης και του χρονοπρογραμματισμού. Η συνδυασμένη αξιοποίηση τεχνικών, χρονικών, οικονομικών και συμβατικών δεδομένων επιτρέπει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της πραγματικής κατάστασης του έργου και υποστηρίζει αποτελεσματικότερα τη λήψη αποφάσεων.

Συνολικά, η μελέτη επιβεβαιώνει ότι η διαχείριση της αβεβαιότητας και του κινδύνου αποτελεί **συνεχή διαδικασία και βασικό στοιχείο της επιτυχούς διοίκησης ενός τεχνικού έργου.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συμπεράσματα – Αξιολόγηση της προσέγγισης και προοπτικές εφαρμογής.

7.1. Βασικά συμπεράσματα της εργασίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο την αντιμετώπιση των αβεβαιοτήτων και του ρίσκου στη διαχείριση τεχνικών έργων, με έμφαση στη σύνδεσή τους με τον χρονοπρογραμματισμό, το κόστος και την παρακολούθηση της σύμβασης. Από τη θεωρητική διερεύνηση και την εφαρμογή της μεθοδολογίας στη μελέτη περίπτωσης προκύπτει ότι η διαχείριση κινδύνων αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της συνολικής διοίκησης ενός τεχνικού έργου και όχι μία αυτοτελή διαδικασία.

Η προσέγγιση αυτή συμφωνεί με το πλαίσιο του ISO 31000, σύμφωνα με το οποίο η διαχείριση κινδύνων περιλαμβάνει την αναγνώριση, ανάλυση, αξιολόγηση, αντιμετώπιση, παρακολούθηση και επικοινωνία των κινδύνων και πρέπει να ενσωματώνεται στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και διοίκησης του οργανισμού (ISO, 2018). Παράλληλα, η σχετική βιβλιογραφία για τη διοίκηση τεχνικών έργων υπογραμμίζει τη σημασία της συστηματικής οργάνωσης, του προγραμματισμού και της παρακολούθησης των επιμέρους παραμέτρων του έργου (Πολύζος, 2018).

Η εργασία έδειξε ότι η αβεβαιότητα δεν μπορεί να εξαλειφθεί πλήρως από ένα τεχνικό έργο. Μπορεί όμως να περιοριστεί μέσω της έγκαιρης αναγνώρισης των παραγόντων που την προκαλούν, της αξιολόγησης των πιθανών συνεπειών και της λήψης κατάλληλων μέτρων. Επομένως, η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης κινδύνων δεν εξαρτάται μόνο από την ύπαρξη κατάλληλων εργαλείων, αλλά κυρίως από το κατά πόσο αυτά ενσωματώνονται στην καθημερινή λειτουργία του έργου.

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα της εργασίας είναι ότι η διαχείριση κινδύνων πρέπει να συνδέεται άμεσα με τον χρονοπρογραμματισμό. Οι κίνδυνοι που εμφανίζονται κατά την εκτέλεση μπορούν να επηρεάσουν τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, τις μεταξύ τους αλληλεξαρτήσεις και, τελικά, την ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου. Για τον λόγο αυτό, το χρονοδιάγραμμα μπορεί να λειτουργήσει όχι μόνο ως εργαλείο προγραμματισμού, αλλά και ως εργαλείο έγκαιρης αναγνώρισης και παρακολούθησης των επιπτώσεων των κινδύνων.

Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στα τεχνικά έργα, όπου οι καθυστερήσεις συχνά συνδέονται με πρόσθετο κόστος, ανάγκη ανακατανομής πόρων, αλλαγές στο φυσικό αντικείμενο ή συμβατικές απαιτήσεις. Η αντιμετώπιση επομένως ενός κινδύνου απαιτεί να εξετάζεται όχι μόνο η άμεση τεχνική του επίπτωση, αλλά και η πιθανή επίδρασή του στο συνολικό σύστημα διοίκησης του έργου.

7.2. Συμβολή της διαχείρισης κινδύνων στη διοίκηση τεχνικών έργων.

Η συμβολή της διαχείρισης κινδύνων στη διοίκηση τεχνικών έργων εντοπίζεται κυρίως στη βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων. Η συστηματική αναγνώριση και αξιολόγηση των κινδύνων επιτρέπει στους υπεύθυνους του έργου να γνωρίζουν τα σημεία στα οποία απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή και να προγραμματίζουν έγκαιρα τις απαιτούμενες ενέργειες.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η μετάβαση από μία αντιδραστική σε μία προληπτική προσέγγιση. Αντί η διοίκηση να παρεμβαίνει μόνο όταν ένα πρόβλημα έχει ήδη εμφανιστεί, η παρακολούθηση κατάλληλων ενδείξεων μπορεί να επιτρέψει την έγκαιρη αναγνώριση μιας δυσμενούς τάσης. Η λογική αυτή βρίσκεται σε συμφωνία με τη σύγχρονη προσέγγιση του ISO 31000, η οποία δίνει έμφαση στη συνεχή παρακολούθηση, ανασκόπηση και βελτίωση της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων (ISO, 2018).

Για τον μηχανικό που ασχολείται με την παρακολούθηση συμβάσεων και τον χρονοπρογραμματισμό, η προσέγγιση αυτή αποκτά ιδιαίτερη πρακτική σημασία. Η παρακολούθηση της πραγματικής προόδου, η σύγκρισή της με το εγκεκριμένο πρόγραμμα, η αναγνώριση των αιτιών των αποκλίσεων και η αξιολόγηση των συνεπειών τους αποτελούν στοιχεία που μπορούν να συνδεθούν άμεσα με τη διαχείριση κινδύνων.

Παράλληλα, η αποτελεσματική διαχείριση απαιτεί αξιόπιστη τεκμηρίωση. Οι αλλαγές, οι καθυστερήσεις, οι πρόσθετες εργασίες και οι μεταβολές του φυσικού αντικείμενου πρέπει να καταγράφονται και να αξιολογούνται σε σχέση με τις συμβατικές απαιτήσεις. Με τον τρόπο αυτό, η διαχείριση κινδύνων δεν λειτουργεί ανεξάρτητα από τη διαχείριση της σύμβασης, αλλά αποτελεί μέρος της ίδιας διαδικασίας ελέγχου του έργου.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση ανταποκρίνεται και στη λογική της σύγχρονης διοίκησης έργων, όπου η διαχείριση του χρόνου, του κόστους, των πόρων και των κινδύνων αντιμετωπίζεται ως αλληλοσυνδεόμενη διαδικασία. Όπως επισημαίνει ο Πολύζος (2018), η αποτελεσματική διοίκηση ενός έργου απαιτεί συνδυασμό μεθόδων και τεχνικών που επιτρέπουν την παρακολούθηση και τον έλεγχο της εξέλιξής του.

7.3. Περιορισμοί της μελέτης.

Ο βασικός περιορισμός της παρούσας εργασίας αποτελεί το γεγονός ότι η μελέτη περίπτωσης που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 6 είναι παραμετροποιημένη και όχι πραγματικό έργο που βρίσκεται σε εξέλιξη. Τα χαρακτηριστικά του έργου, οι κίνδυνοι, οι βαθμολογίες αξιολόγησης και τα αριθμητικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και την ανάδειξη της πρακτικής της χρησιμότητας.

Κατά συνέπεια, τα αριθμητικά αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης δεν μπορούν να γενικευθούν ως πραγματικές στατιστικές τιμές για το σύνολο των τεχνικών έργων. Η χρησιμότητά τους έγκειται κυρίως στην παρουσίαση της διαδικασίας και στην κατανόηση του τρόπου με τον

οποίο ένας κίνδυνος μπορεί να επηρεάσει τον χρόνο, το κόστος και τη συμβατική πορεία ενός έργου.

Ένας επιπλέον περιορισμός αφορά την εξάρτηση της αξιολόγησης από τις παραδοχές που χρησιμοποιούνται. Σε ένα πραγματικό έργο, η αξιολόγηση θα μπορούσε να βασιστεί σε ιστορικά δεδομένα, πραγματικές αποκλίσεις κόστους και χρόνου, στοιχεία παραγωγικότητας, δεδομένα προμηθευτών και εμπειρικά δεδομένα από προηγούμενα έργα. Η χρήση τέτοιων δεδομένων θα επέτρεπε μεγαλύτερη ακρίβεια και αντικειμενικότητα στην ποσοτική εκτίμηση των κινδύνων.

Οι περιορισμοί αυτοί δεν αναιρούν τη χρησιμότητα της μελέτης περίπτωσης, αλλά οριοθετούν το πεδίο εφαρμογής των αποτελεσμάτων της. Αντίθετα, επιβεβαιώνουν την ανάγκη προσαρμογής της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, στους στόχους και στο περιβάλλον κάθε έργου, όπως άλλωστε προβλέπει και η προσέγγιση του ISO 31000 (ISO, 2018).

7.4. Προοπτικές και δυνατότητες περαιτέρω αξιοποίησης.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε μπορεί να αποτελέσει βάση για περαιτέρω εφαρμογή σε πραγματικά τεχνικά έργα. Μία σημαντική κατεύθυνση θα ήταν η αξιοποίησή της σε πραγματικά δεδομένα από έργα οδοποιίας, κτιριακά έργα ή έργα υποδομών, ώστε να εξεταστεί η συχνότητα εμφάνισης συγκεκριμένων κινδύνων και η πραγματική επίδρασή τους στον χρόνο και στο κόστος.

Παράλληλα, η χρήση μεγαλύτερου όγκου δεδομένων θα μπορούσε να ενισχύσει την εφαρμογή ποσοτικών μεθόδων, όπως η προσομοίωση Monte Carlo, επιτρέποντας την εκτίμηση διαφορετικών σεναρίων διάρκειας και κόστους. Η χρήση τέτοιων εργαλείων μπορεί να συμπληρώσει την ποιοτική αξιολόγηση και να υποστηρίξει περισσότερο τεκμηριωμένες αποφάσεις σε έργα με υψηλό βαθμό αβεβαιότητας.

Μία ακόμη σημαντική προοπτική είναι η μεγαλύτερη ενσωμάτωση της διαχείρισης κινδύνων στα πληροφοριακά συστήματα προγραμματισμού και παρακολούθησης των έργων. Η σύνδεση του Risk Register με το χρονοδιάγραμμα, τα στοιχεία κόστους και τα δεδομένα πραγματικής προόδου θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα περισσότερο ολοκληρωμένο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης.

Τέλος, η εφαρμογή της προτεινόμενης προσέγγισης σε πραγματικά έργα θα μπορούσε να συμβάλει στη δημιουργία βάσεων ιστορικών δεδομένων κινδύνων, οι οποίες θα αξιοποιούνται σε μελλοντικούς σχεδιασμούς. Με αυτόν τον τρόπο, η εμπειρία από προηγούμενα έργα δεν θα παραμένει μόνο σε επίπεδο ατομικής εμπειρίας των μηχανικών, αλλά θα μετατρέπεται σε οργανωμένη γνώση που μπορεί να υποστηρίξει τον σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων.

Συμπερασματικά, η βασική διαπίστωση της παρούσας εργασίας είναι ότι η αποτελεσματική διαχείριση της αβεβαιότητας στα τεχνικά έργα δεν εξαρτάται από την προσπάθεια πλήρους εξάλειψης των κινδύνων, αλλά από την ικανότητα του οργανισμού και της ομάδας έργου να τους αναγνωρίζει έγκαιρα, να αξιολογεί τις πιθανές συνέπειές τους και να

«Αντιμετώπιση Αβεβαιοτήτων και Ρίσκου στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων: Μελέτη
Περιπτώσεων και Προτάσεις Βελτίωσης.»

προσαρμόζει έγκαιρα τις ενέργειές της. Η σύνδεση της διαχείρισης κινδύνων με τον χρονοπρογραμματισμό, το κόστος και την παρακολούθηση της σύμβασης αποτελεί, επομένως, μία ιδιαίτερα σημαντική προϋπόθεση για την αποτελεσματικότερη διοίκηση των τεχνικών έργων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Πολύζος, Σ. (2017). *Προγραμματισμός και οργάνωση των έργων* (2η έκδ.). Εκδόσεις Τζιόλα.
- Πολύζος, Σ. (2018). *Διοίκηση και διαχείριση των έργων: Μέθοδοι και τεχνικές* (3η έκδ.). Εκδόσεις Κριτική.

Διεθνή βιβλιογραφία

- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018: Risk management—Guidelines*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2020). *ISO 21502:2020: Project, programme and portfolio management—Guidance on project management*. ISO.
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Sousa, V., Marques de Almeida, N., & Alves Dias, L. (2012). Risk management framework for the construction industry according to the ISO 31000:2009 standard. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2(4), 261–274. <https://doi.org/10.2991/jrarc.2012.2.4.5>
- Taroun, A. (2014). Towards a better modelling and assessment of construction risk: Insights from a literature review. *International Journal of Project Management*, 32(1), 101–115. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.03.004>
- Ward, S., & Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21(2), 97–105. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(01\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(01)00080-1)
- Zou, Y., Kiviniemi, A., & Jones, S. W. (2020). A systematic review of quantitative risk analysis in construction of mega projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1403–1410. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.006>
- Tian, K., Zhu, Z., Mbachu, J., Ghanbaripour, A., & Moorhead, M. (2025). Artificial intelligence in risk management within the realm of construction projects: A bibliometric analysis and systematic literature review.