



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ
ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Διαχείριση Τεχνικών Έργων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***«Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός Κατασκευής
Κτιριακού Έργου Μεγάλης Κλίμακας: Οικονομοτεχνική
μελέτη, ανάλυση ευαισθησίας κρίσιμων παραμέτρων
σχεδιασμού και βελτιστοποίηση»***

ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ Χ. ΣΚΟΡΔΑΣ
Μηχανολόγος Μηχανικός

Επιβλέπων Καθηγητής Α΄: Δημήτριος Κουλουριώτης

ΠΑΤΡΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ, 2026

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



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

***«Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός Κατασκευής
Κτιριακού Έργου Μεγάλης Κλίμακας: Οικονομοτεχνική
μελέτη, ανάλυση ευαισθησίας κρίσιμων παραμέτρων
σχεδιασμού και βελτιστοποίηση»***

ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ Χ. ΣΚΟΡΔΑΣ

Μηχανολόγος Μηχανικός

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής Α΄:

Δημήτριος Κουλουριώτης

Επιβλέπων Καθηγητής Β΄:

Σεραφείμ Πολύζος

ΠΑΤΡΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ, 2026

Αφιέρωση

Στη σύζυγό μου, Μαρία,
για όλα όσα περάσαμε, για όσα αντέξαμε και για όσα συνεχίζουμε να ονειρευόμαστε.

Στα δύο μικρά μου ανιψάκια, Απόστολο και Χρήστο,
που με την αθωότητα και το χαμόγελό τους μου θυμίζουν πάντα την αξία της ελπίδας,
της συνέχειας και της προσπάθειας.

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτριο Κουλουριώτη για την υποστήριξη, την συνεργασία και την πολύτιμη καθοδήγησή του καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας συγγραφής της διπλωματικής εργασίας αλλά και για την ανθρώπινη στήριξή του κατά την διάρκεια της μελέτης μου για την εισαγωγή μου μετά από κατατακτήριες εξετάσεις στο Πολυτεχνείο Κρήτης η οποία συνεπесе με την συγγραφή της παρούσης. Στους γονείς και τα αδέρφια μου για την βοήθεια και την στήριξη τους σε όλους τους τομείς, όπως και στην σύζυγό μου Μαρία Μιχ. Κερούλη, Πολιτικό Μηχανικό και Αγρ. Τοπ. Μηχανικό ΕΜΠ, για την υπομονή και την στήριξη καθόλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου. Τέλος, όλους όσους μου έμαθαν να πιστεύω στον εαυτό μου.

Περίληψη (Ελληνικά)

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό κατασκευής κτιριακού έργου μεγάλης κλίμακας, με εφαρμογή στη μελέτη περίπτωσης του υπό εξέταση έργου. Το αντικείμενο της εργασίας εστιάζει στη σύνδεση του προϋπολογισμού, του χρονοδιαγράμματος, της παραγωγικότητας και των κρίσιμων παραμέτρων σχεδιασμού, με στόχο την αξιολόγηση της ευαισθησίας του έργου σε πιθανές αποκλίσεις και τη διατύπωση προτάσεων βελτιστοποίησης της διοίκησής του.

Η μεθοδολογία βασίζεται σε συνδυασμό βιβλιογραφικής επισκόπησης, ανάλυσης πραγματικών δεδομένων κόστους και χρονοδιαγράμματος, καθώς και ανάπτυξης σεναρίων ευαισθησίας. Η εργασία αξιοποιεί τον αναθεωρημένο καθαρό προϋπολογισμό του έργου, ύψους **43.769.899,80 €**, και τη βασική χρονική διάρκεια των **606 ημερών**, όπως προκύπτει από το χρονοδιάγραμμα του έργου. Η ανάλυση πραγματοποιείται με εργαλεία όπως το **Microsoft Excel** για την επεξεργασία των οικονομικών δεδομένων και το **Microsoft Project** για τη διερεύνηση της χρονικής διάστασης.

Αρχικά, αναλύεται η θεωρητική βάση της διοίκησης τεχνικών έργων, του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού, της κοστολόγησης, της διαχείρισης κινδύνων και της παραγωγικότητας. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η μελέτη περίπτωσης και εξετάζεται η δομή του προϋπολογισμού και του χρονοδιαγράμματος. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ανάλυση ευαισθησίας, μέσω της οποίας προσδιορίζονται οι κατηγορίες κόστους και οι χρονικές μεταβλητές που επηρεάζουν περισσότερο την πορεία του έργου.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι σημαντικότεροι οικονομικοί παράγοντες είναι οι κατηγορίες σκυροδέματα, κλιματισμός, τελειώματα, ειδικές κατασκευές και απρόβλεπτα (**Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction** και **Contingency**). Παράλληλα, η χρονική ανάλυση ανέδειξε ότι το έργο εμφανίζει ιδιαίτερη ευαισθησία σε καθυστερήσεις προμηθειών, μείωση παραγωγικότητας και συνδυασμένες αποκλίσεις. Στο δυσμενές σενάριο, η διάρκεια αυξάνεται από **606** σε **711 ημέρες**, δηλαδή κατά **17,33%**, ενώ το κόστος αυξάνεται κατά **3,93%**. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι η χρονική διάσταση αποτελεί κρίσιμότερο παράγοντα συστημικής ευαισθησίας από την άμεση οικονομική απόκλιση.

Η εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η επιτυχής διοίκηση ενός έργου μεγάλης κλίμακας απαιτεί ολοκληρωμένο πλαίσιο ελέγχου έργων (project controls), το οποίο να συνδέει κόστος, χρόνο, παραγωγικότητα, προμήθειες και κίνδυνο. Η ανάλυση ευαισθησίας δεν λειτουργεί μόνο ως αριθμητική άσκηση, αλλά ως πρακτικό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, επιτρέποντας στη διοίκηση να εντοπίζει τους κρίσιμους drivers, να αξιολογεί εναλλακτικά σενάρια και να λαμβάνει έγκαιρα διορθωτικά μέτρα.

Λέξεις-κλειδιά: χρονικός προγραμματισμός, οικονομικός προγραμματισμός, κατασκευαστικά έργα, ανάλυση ευαισθησίας, project controls, κόστος, χρόνος, παραγωγικότητα, σενάρια.

Abstract (English)

This diploma thesis examines the time and cost planning of a large-scale building construction project, applied to the case study of the project under investigation. The scope of the thesis focuses on the interconnection between budget, schedule, productivity, and critical design parameters, aiming to assess the project's sensitivity to potential deviations and to formulate proposals for optimizing its management.

The methodology is based on a combination of literature review, analysis of actual cost and schedule data, and the development of sensitivity scenarios. The thesis utilizes the revised net project budget, amounting to €43,769,899.80, and the baseline duration of 606 days, as derived from the project schedule. The analysis is carried out using tools such as Microsoft Excel for processing financial data and Microsoft Project for examining the time dimension.

Initially, the theoretical framework of construction project management, time and cost planning, costing, risk management, and productivity is analyzed. Subsequently, the case study is presented, and the structure of the budget and schedule is examined. Particular emphasis is placed on sensitivity analysis, through which the cost categories and time-related variables that have the greatest impact on the project's progress are identified.

The results indicate that the most significant cost factors are the categories of Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction, and Contingency. At the same time, the time analysis revealed that the project is particularly sensitive to procurement delays, reduced productivity, and combined deviations. In the adverse scenario, the duration increases from 606 to 711 days, corresponding to an increase of 17.33%, while the cost increases by 3.93%. This finding suggests that the time dimension constitutes a more critical factor of systemic sensitivity than direct cost deviation.

The thesis concludes that the successful management of a large-scale project requires an integrated project controls framework that links cost, time, productivity, procurement, and risk. Sensitivity analysis does not function merely as a numerical exercise, but as a practical decision-support tool, enabling project management to identify critical drivers, evaluate alternative scenarios, and take timely corrective actions.

Keywords: time planning, cost planning, construction projects, sensitivity analysis, project controls, cost, time, productivity, scenarios

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Εικόνων	13
Ευρετήριο Πινάκων	14
Ευρετήριο Διαγραμμάτων	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	16
1.1 Εισαγωγή.....	16
1.2 Σκοπός και στόχοι της μελέτης	18
1.3 Μεθοδολογία.....	20
1.3.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση	20
1.3.2 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων.....	21
1.3.3 Ανάπτυξη μοντέλων και σεναρίων	21
1.3.4 Αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων	21
1.3.5 Σύνθεση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	22
1.4 Δομή της εργασίας.....	22
1.5 Σημασία και συμβολή της μελέτης.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο.....	25
2.1 Εισαγωγική Σημείωση	25
2.2 Θεωρητική Θεμελίωση της Διοίκησης Τεχνικών Έργων	27
2.3 Χρόνος, Κόστος, Παραγωγικότητα και Αβεβαιότητα στα Κατασκευαστικά Έργα.....	29
2.3.1 Η έννοια του χρόνου στον προγραμματισμό έργων.....	30
2.3.2 Οικονομική διάσταση και έννοια του κόστους	30
2.3.3 Παραγωγικότητα συνεργείων.....	31
2.3.4 Αβεβαιότητα και μεταβλητότητα.....	31
2.3.5 Αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου, κόστους και παραγωγικότητας.....	32
2.3.6 Διαχείριση κινδύνου	32
2.4 Οικονομοτεχνικές Μελέτες και Χρηματοοικονομική Ανάλυση σε Κατασκευαστικά Έργα Μεγάλης Κλίμακας	33
2.4.1 Ρόλος των οικονομοτεχνικών μελετών στον κύκλο ζωής έργων	33
2.4.2 Θεωρητικές βάσεις χρηματοοικονομικής αξιολόγησης.....	34
2.4.3 Εκτίμηση κόστους και δομή προϋπολογισμού.....	34
2.4.4 Ταμειακές ροές και χρηματοοικονομικός σχεδιασμός	35
2.4.5 Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής	35
2.4.6 Αβεβαιότητα και διαχείριση χρηματοοικονομικού κινδύνου	36
2.4.7 Σύνδεση οικονομικού και χρονικού προγραμματισμού	36
2.5 Μέθοδοι Χρονοπρογραμματισμού σε Κατασκευαστικά Έργα Μεγάλης Κλίμακας.....	36

2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας, Βελτιστοποίηση και Προγραμματισμός Βασισμένος στον Κίνδυνο σε Κατασκευαστικά Έργα Μεγάλης Κλίμακας.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο.....	54
3.1 Ερευνητική Προσέγγιση και Πλαίσιο της Μελέτης	54
3.2 Δεδομένα της Μελέτης και Πηγές Πληροφόρησης.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο.....	64
4.1 Περιγραφή του Έργου και Βασικά Χαρακτηριστικά.....	64
4.2 Ανάλυση Προϋπολογισμού και Δομής Κόστους	66
4.3 Γραφική και Συγκριτική Αποτύπωση της Δομής Κόστους	73
4.4 Ολοκληρωμένη Συσχέτιση Προϋπολογισμού, Χρονοδιαγράμματος, Ανθρώπινων Πόρων και Ταμειακών Ροών	81
4.4.1 Ανάλυση Δομής Προϋπολογισμού και Cost Drivers	82
4.4.2 Κύριες Κατηγορίες που Οδηγούν το Κόστος	83
4.4.3 Χρονοδιάγραμμα 606 Ημερών και Φασικός Προγραμματισμός	87
4.4.4 Ανάλυση Ανθρώπινων Πόρων και Παραγωγικής Έντασης	89
4.4.5 Cash Flow και Ρυθμός Απορρόφησης Κεφαλαίου	90
4.4.6 Ανάλυση Ευαισθησίας Κόστους.....	91
4.4.7 Earned Value Management (EVM).....	93
4.4.8 Συνολικό Συμπέρασμα.....	96
4.5 Κρίσιμες Παράμετροι Επιτυχίας, Πηγές Απόκλισης και Διοικητική Αποτίμηση της Μελέτης Περίπτωσης	97
4.5.1 Κρίσιμες Παράμετροι Επιτυχίας σε Έργα Resort Μεγάλης Κλίμακας	97
4.5.2 Κύριες Πηγές Απόκλισης Χρόνου	99
4.5.3 Κύριες Πηγές Απόκλισης Κόστους.....	101
4.5.4 Διοικητική Ερμηνεία της Φάσης Κορύφωσης	102
4.5.5 Διοικητικές Στρατηγικές Μετριασμού Κινδύνων.....	103
4.5.6 Συνολική Διοικητική Αποτίμηση της Μελέτης Περίπτωσης	105
4.5.7 Συμπέρασμα και Μετάβαση στο Κεφάλαιο 5.....	106
4.6 Συνοπτικά Συμπεράσματα Κεφαλαίου 4 και Μετάβαση στην Ποσοτική Ανάλυση ...	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο.....	110
5.1 Εισαγωγή και Σκοπός της Ανάλυσης Ευαισθησίας.....	110
5.2 Μεθοδολογικό Πλαίσιο και Εργαλεία Ανάλυσης	114
5.2.1 Επιστημονική Λογική της Μεθοδολογίας.....	115
5.2.2 Βασικό Σενάριο Αναφοράς (Base Case).....	115
5.2.3 Επιλογή Κρίσιμων Μεταβλητών	116
5.2.4 Μορφές Ανάλυσης που θα Εφαρμοστούν	117
5.2.5 Εργαλεία Ανάλυσης	119

5.2.6 Μαθηματικές Σχέσεις και Δείκτες	121
5.2.7 Αξιοπιστία και Περιορισμοί Μεθοδολογίας	122
5.2.8 Συνολική Μεθοδολογική Αποτίμηση	122
5.3 Βασικό Σενάριο Αναφοράς (Base Case)	122
5.3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά του Σεναρίου Βάσης	123
5.3.2 Οικονομική Δομή του Σεναρίου Βάσης	124
5.3.3 Χρονική Δομή και Βασικές Φάσεις Εκτέλεσης	125
5.3.4 Ανθρώπινοι Πόροι και Παραγωγική Δυναμικότητα	126
5.3.5 Ταμειακή Ροή και Καμπύλη Δαπανών	127
5.3.6 Διοικητικές Παραδοχές του Σεναρίου Βάσης	128
5.3.7 Ρόλος του Base Case στην Ανάλυση Ευαισθησίας	128
5.3.8 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου	129
5.4 Επιλογή Κρίσιμων Μεταβλητών για την Ανάλυση Ευαισθησίας	129
5.4.1 Μεθοδολογία Επιλογής Μεταβλητών	130
5.4.2 Γιατί Επιλέχθηκαν οι Μεταβλητές Κόστους	131
5.4.3 Γιατί Επιλέχθηκαν οι Μεταβλητές Χρόνου	134
5.4.4 Γιατί Επιλέχθηκαν οι Μεταβλητές Πόρων	136
5.4.5 Γιατί Επιλέχθηκαν τα Ποσοστά Μεταβολής	137
5.4.6 Γιατί οι Καθυστερήσεις Εκφράζονται σε Ημέρες	141
5.4.7 Αναμενόμενη Συμπεριφορά των Μεταβλητών	141
5.4.8 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου	142
5.5 Ανάλυση Ευαισθησίας Κόστους με Βάση τον Πραγματικό Προϋπολογισμό του Έργου	142
5.5.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο της Ανάλυσης Ευαισθησίας Κόστους	143
5.5.2 Ερευνητική Μεθοδολογία και Χρήση Λογισμικού	143
5.5.3 Δομή του Πραγματικού Προϋπολογισμού	144
5.5.4 One-Way Sensitivity Analysis	145
5.5.5 Ανάλυση Σεναρίου +10%	146
5.5.6 Πολυμεταβλητά Σενάρια (Multi-variable Scenarios)	147
5.5.7 Cost Sensitivity και Ρευστότητα	148
5.5.8 Διοικητικές Προεκτάσεις	149
5.5.9 Επιστημονική Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων	149
5.5.10 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου	150
5.6 Ανάλυση Ευαισθησίας Χρόνου	150
5.6.1 Ανάλυση μεμονωμένων σεναρίων χρονικής απόκλισης	152
5.6.2 Συνδυασμένο σενάριο και συστημική επιβάρυνση	153

5.6.3 Ανάλυση ευαισθησίας ως συνάρτηση διαθεσιμότητας συνεργείων	155
5.6.4 Ελαστικότητα χρονικής απόκρισης.....	157
5.6.5 Διάδοση καθυστερήσεων και αλυσιδωτή επιβάρυνση	158
5.6.6 Χρόνος και οικονομική επίπτωση.....	159
5.6.7 Σύνδεση με Earned Value Management	160
5.6.8 Συνολική ερμηνεία	161
5.7 Ανάλυση Ευαισθησίας Παραγωγικότητας, Ανθρώπινων Πόρων και Εργοταξιακής Απόδοσης.....	162
5.7.1 Θεωρητική βάση της παραγωγικότητας.....	163
5.7.2 Σενάρια μείωσης παραγωγικότητας	163
5.7.3 Σενάρια μεταβολής ανθρώπινου δυναμικού.....	165
5.7.4 Μη γραμμικότητα και εργοταξιακή συμφόρηση.....	166
5.7.5 Δείκτης αποδοτικότητας ανθρώπινου δυναμικού.....	167
5.7.6 Σύνδεση παραγωγικότητας, χρόνου και κόστους.....	168
5.7.7 Ζώνες παραγωγικής ευστάθειας	169
5.7.8 Διοικητική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων	170
5.7.9 Συμπέρασμα	170
5.8 Ανάλυση Σεναρίων Best Case / Base Case / Worst Case	171
5.8.1 Σκοπός της Σεναριακής Ανάλυσης	171
5.8.2 Ορισμός Βασικών Μεγεθών Αναφοράς.....	172
5.8.3 Ορισμός των Σεναρίων	173
5.8.4 Best Case Scenario	174
5.8.5 Base Case Scenario	176
5.8.6 Worst Case Scenario.....	176
5.8.7 Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων.....	178
5.8.8 Δείκτης Συνολικής Απόκλισης Σεναρίου.....	179
5.8.9 Risk Exposure ανά Σενάριο	180
5.8.10 Διοικητική Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων	181
5.8.11 Συμπέρασμα	182
5.9 Συγκριτική Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων και Σύνθεση Ευρημάτων.....	183
5.9.1 Σκοπός της Συγκριτικής Αξιολόγησης	183
5.9.2 Συνοπτική Σύνθεση των Βασικών Αποτελεσμάτων	184
5.9.3 Συγκριτική Αξιολόγηση Κόστους και Χρόνου	186
5.9.4 Ιεράρχηση Κρίσιμων Drivers.....	187
5.9.5 Σύνθεση σε Ενιαίο Project Control Framework.....	189
5.9.6 Διοικητική Ερμηνεία των Ευρημάτων.....	189

5.9.7 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου	190
5.10 Στρατηγικές Βελτιστοποίησης, Διοικητικές Προτάσεις και Συμπεράσματα Κεφαλαίου	191
5.10.1 Μετατροπή των Ευρημάτων σε Διοικητική Στρατηγική	192
5.10.2 Στρατηγικές Ελέγχου Κόστους.....	193
5.10.3 Στρατηγικές Ελέγχου Χρόνου	193
5.10.4 Στρατηγικές Βελτίωσης Παραγωγικότητας	195
5.10.5 Στρατηγική Διαχείρισης Προμηθειών.....	197
5.10.6 Ενοποιημένο Πλαίσιο Διοίκησης και Ελέγχου	198
5.10.7 Προτεινόμενοι Δείκτες Παρακολούθησης.....	199
5.10.8 Συμπέρασμα Κεφαλαίου 5	200
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	202
6.1 Εισαγωγή Κεφαλαίου	202
6.2 Συνολική Αποτίμηση της Μελέτης.....	203
6.3 Κύρια Συμπεράσματα από την Ανάλυση Κόστους	204
6.4 Κύρια Συμπεράσματα από την Ανάλυση Χρόνου.....	206
6.5 Συμπεράσματα για Παραγωγικότητα και Ανθρώπινους Πόρους.....	207
6.6 Διοικητικές Προτάσεις, Περιορισμοί της Μελέτης και Τελικό Συμπέρασμα.....	209
Βιβλιογραφία.....	215
Κατάλογος Συντομογραφιών	221

Ευρετήριο Εικόνων/Σχημάτων

A/A	Τίτλος	Σελ.
Σχήμα 4.1	Κατανομή Κόστους ανά Κατηγορία Δαπάνης	74
Σχήμα 4.2	Ποσοστιαία Κατανομή Κόστους ανά Λειτουργική Ομάδα	75
Σχήμα 4.3	Διάγραμμα Pareto Κατηγοριών Κόστους	76
Σχήμα 4.4	Συγκριτική Αποτύπωση Νέων και Υφιστάμενων Τμημάτων Έργου	77
Σχήμα 4.5	Κατανομή Η/Μ Κόστους	78
Σχήμα 4.6	Αποτύπωση Διοικητικών και Υποστηρικτικών Δαπανών	78
Σχήμα 4.7	Εννοιολογική S-Curve Κόστους Έργου	79
Σχήμα 4.8	Εννοιολογικό διάγραμμα βασικών cost drivers	81
Σχήμα 4.4.2	Διάγραμμα Gantt	89

Ευρετήριο Πινάκων

A/A	Τίτλος	Σελ.
Πίνακας 3.1	Ο πλήρης πίνακας κόστους του έργου	60
Πίνακας 4.1	Τέσσερις κύριες λειτουργικές ομάδες κόστους	82
Πίνακας 4.2	Σημαντικότεροι παράγοντες κόστους	83
Πίνακας 4.3	Σωρευτικός πίνακας	87
Πίνακας 4.4	Βασικές φάσεις ανάλυσης έργου	87
Πίνακας 4.5	Ανάλυση Φάσεων	88
Πίνακας 5.2.1	Βασικά Μεγέθη Σεναρίου Αναφοράς	116
Πίνακας 5.3.1	Βασικά Μεγέθη Base Case	124
Πίνακας 5.4.1	Μεταβλητές κόστους για ανάλυση ευαισθησίας	134
Πίνακας 5.4.2	Χρονικές Μεταβλητές για Ανάλυση Ευαισθησίας	136
Πίνακας 5.4.3	Αιτιολόγηση Επιλεγμένου Εύρους Ανάλυσης Ευαισθησίας	140
Πίνακας 5.5.1	Κύριες κατηγορίες κόστους	145
Πίνακας 5.5.2	Επίδραση μεταβολής κόστους +10% ανά βασική κατηγορία	146
Πίνακας 5.5.3	Σύνθετα / συγκριτικά σενάρια κόστους	148
Πίνακας 5.6.1	Συγκριτική αποτίμηση βασικών σεναρίων ευαισθησίας χρόνου	154
Πίνακας 5.6.2	Επίδραση μεταβολής πόρων στη συνολική διάρκεια	156
Πίνακας 5.6.3	Δείκτης ελαστικότητας για βασικούς παράγοντες	157
Πίνακας 5.6.4	Συσσωρευτική διάδοση καθυστερήσεων ανά φάση	158
Πίνακας 5.6.5	Εκτιμώμενη οικονομική επίπτωση χρονικών αποκλίσεων	160
Πίνακας 5.6.6	Δείκτης SPI ανά σενάριο	161
Πίνακας 5.7.1	Επίδραση μείωσης παραγωγικότητας στη διάρκεια	164
Πίνακας 5.7.2	Σενάρια μεταβολής ανθρώπινου δυναμικού	166
Πίνακας 5.7.3	Ζώνες παραγωγικής ευστάθειας	169
Πίνακας 5.8.1	Λογική Ορισμού Σεναρίων	173
Πίνακας 5.8.2	Συγκριτικά Αποτελέσματα Σεναρίων	178
Πίνακας 5.8.3	Scenario Deviation Index	179
Πίνακας 5.8.4	Βαθμός έκθεσης σε κίνδυνο	180
Πίνακας 5.9.1	Συνοπτική Σύνθεση Βασικών Ευρημάτων	185
Πίνακας 5.9.2	Σύγκριση Ευαισθησίας Κόστους και Χρόνου	186
Πίνακας 5.9.3	Ιεράρχηση Κρίσιμων Παραγόντων (Drivers)	188

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Α/Α	Τίτλος	Σελ.
Διάγραμμα 5.2.1	Μεθοδολογική ροή ανάλυσης ευαισθησίας	131
Διάγραμμα 5.2.2	Πλαίσιο σύνδεσης δεδομένων Excel και MS Project	120
Διάγραμμα 5.5.1	Integrated Cost Analysis Workflow	144
Διάγραμμα 5.5.2	Pareto Distribution of Top Cost Categories	145
Διάγραμμα 5.5.3	Tornado Chart Cost Sensitivity (+10%)	147
Διάγραμμα 5.5.4	Scenario Comparison of Total Project Cost	148
Διάγραμμα 5.5.5	Base vs Stress Cash Flow Curve	148
Διάγραμμα 5.6.1	Σύγκριση συνολικής διάρκειας ανά σενάριο	154
Διάγραμμα 5.6.2	Χρονική επιβάρυνση ανά σενάριο	154
Διάγραμμα 5.6.3	Σχέση διάρκειας και διαθεσιμότητας συνεργείων	156
Διάγραμμα 5.6.4	Δείκτης ελαστικότητας χρονικής ευαισθησίας	157
Διάγραμμα 5.6.5	Συσσωρευτική διάδοση καθυστερήσεων	158
Διάγραμμα 5.6.6	Εκτιμώμενη οικονομική επίπτωση χρονικών αποκλίσεων	159
Διάγραμμα 5.6.7	Δείκτης SPI ανά σενάριο	161
Διάγραμμα 5.7.1	Επίδραση μείωσης παραγωγικότητας στη διάρκεια	164
Διάγραμμα 5.7.2	Σχέση ανθρώπινου δυναμικού και διάρκειας	166
Διάγραμμα 5.7.3	Αλυσίδα επίδρασης παραγωγικότητας σε χρόνο και κόστος	168
Διάγραμμα 5.7.4	Ζώνες παραγωγικής ευστάθειας	169
Διάγραμμα 5.7.5	Ενδεικτικό dashboard παρακολούθησης παραγωγικότητας	169
Διάγραμμα 5.8.1	Scenario Logic Framework	173
Διάγραμμα 5.8.2	Cost and Duration Scenario Comparison	178
Διάγραμμα 5.8.3	Risk Exposure Radar Chart	180
Διάγραμμα 5.8.4	Scenario Deviation Index	182
Διάγραμμα 5.8.5	Cost-Time Deviation Map	186

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 Εισαγωγή

Η κατασκευή τεχνικών και κτιριακών έργων αποτελεί μία από τις αρχαιότερες και σημαντικότερες ανθρώπινες δραστηριότητες, καθώς συνδέεται άμεσα με την ανάγκη για στέγαση, προστασία, κοινωνική οργάνωση και οικονομική ανάπτυξη. Από τα πρώτα απλά καταφύγια των προϊστορικών κοινωνιών έως τα σύγχρονα κτιριακά συγκροτήματα μεγάλης κλίμακας, η εξέλιξη της κατασκευαστικής δραστηριότητας συνοδεύεται από αντίστοιχη εξέλιξη στις μεθόδους σχεδιασμού, οργάνωσης και διαχείρισης των έργων (Kerzner, 2017).

Στις πρώιμες κοινωνίες, η υλοποίηση έργων βασιζόταν κυρίως στην εμπειρική γνώση, στη συλλογική εργασία και στη μεταφορά τεχνικών δεξιοτήτων από γενιά σε γενιά. Με την ανάπτυξη των πρώτων οργανωμένων πολιτισμών, όπως της αρχαίας Αιγύπτου, της Μεσοποταμίας και της αρχαίας Ελλάδας, τα έργα αποκτούν πλέον μεγαλύτερη κλίμακα και πολυπλοκότητα. Η κατασκευή μνημείων, ναών, οχυρωματικών έργων και υποδομών απαιτούσε όχι μόνο τεχνική γνώση, αλλά και στοιχειώδη μορφή οργάνωσης των ανθρώπινων και υλικών πόρων.

Αν και δεν υπήρχαν τότε τυποποιημένες μέθοδοι προγραμματισμού, οι αρχαίοι πολιτισμοί ανέπτυξαν πρακτικές που στόχευαν στον έλεγχο του χρόνου και των δαπανών, όπως η κατανομή εργασιών, η ιεράρχηση δραστηριοτήτων και η αποθήκευση υλικών.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης, η κατασκευαστική δραστηριότητα εξακολουθεί να βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εμπειρική γνώση των μαστόρων και των τεχνιτών, ωστόσο εμφανίζονται πιο συστηματικές μορφές οργάνωσης. Τα μεγάλα έργα, όπως οι καθεδρικοί ναοί και τα οχυρωματικά συγκροτήματα, απαιτούν δεκαετίες ή ακόμη και αιώνες για να ολοκληρωθούν, γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη διαδοχή γενεών τεχνικών και τη σταδιακή διαχείριση πόρων. Η έννοια του "έργου" αρχίζει να αποκτά χαρακτηριστικά συλλογικής προσπάθειας με σαφείς ρόλους, όπως ο αρχιτέκτονας, ο εργοδηγός και οι τεχνίτες, ενώ οι πρώτες μορφές συμβολαίων και συμφωνιών καθορίζουν τις υποχρεώσεις και τις αμοιβές.

Η Βιομηχανική Επανάσταση αποτελεί σημείο καμπής για την εξέλιξη της κατασκευαστικής δραστηριότητας και, κατ' επέκταση, για την ανάπτυξη των μεθόδων χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού. Η εισαγωγή μηχανών, νέων υλικών και μαζικής παραγωγής αλλάζει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται και υλοποιούνται τα έργα. Η κατασκευή σιδηροδρόμων, γεφυρών, εργοστασίων και αστικών υποδομών απαιτεί πλέον συντονισμό μεγάλου αριθμού εργαζομένων, προμηθευτών και χρηματοδοτών, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη για συστηματικό προγραμματισμό και έλεγχο (Lock, 2020).

Κατά τον 20ό αιώνα, η ανάπτυξη της επιστημονικής διοίκησης και της θεωρίας της διαχείρισης έργων οδηγεί στη δημιουργία τυποποιημένων εργαλείων και μεθόδων, όπως τα διαγράμματα Gantt, οι μέθοδοι CPM (Critical Path Method) και PERT (Program Evaluation and Review Technique). Οι μέθοδοι αυτές επιτρέπουν την ανάλυση της χρονικής αλληλουχίας των δραστηριοτήτων, τον εντοπισμό της κρίσιμης διαδρομής και την εκτίμηση της συνολικής διάρκειας ενός έργου. Παράλληλα, αναπτύσσονται συστηματικές προσεγγίσεις κοστολόγησης και οικονομικού ελέγχου (PMI, 2021).

Στις τελευταίες δεκαετίες, η ψηφιακή τεχνολογία και η ανάπτυξη συστημάτων πληροφορικής έχουν μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, προγραμματίζονται και ελέγχονται τα έργα. Λογισμικά διαχείρισης έργων, συστήματα Building Information Modeling (BIM), βάσεις δεδομένων έργων και, πιο πρόσφατα, τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης, επιτρέπουν την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων και τη δημιουργία πιο σύνθετων και δυναμικών μοντέλων πρόβλεψης (Eastman et al., 2018).

Παρά την εξέλιξη αυτή, ένα από τα διαχρονικά προβλήματα στον τομέα των κατασκευών παραμένει η απόκλιση μεταξύ αρχικού σχεδιασμού και πραγματικής εκτέλεσης. Καθυστερήσεις, υπερβάσεις κόστους και αποκλίσεις από τις αρχικές προδιαγραφές αποτελούν συχνά φαινόμενα, ιδιαίτερα σε έργα μεγάλης κλίμακας και υψηλής πολυπλοκότητας (Flyvbjerg, 2014). Οι αιτίες αυτών των αποκλίσεων είναι πολυπαραγοντικές και περιλαμβάνουν τεχνικούς, οργανωτικούς, οικονομικούς και ανθρώπινους παράγοντες.

Στο σύγχρονο περιβάλλον, οι προκλήσεις εντείνονται λόγω της αυξανόμενης πολυπλοκότητας των έργων, της παγκοσμιοποίησης της αγοράς κατασκευών, της μεταβλητότητας των τιμών των υλικών και της έλλειψης εξειδικευμένου ανθρώπινου

δυναμικού. Οι παραδοσιακές μέθοδοι προγραμματισμού, οι οποίες συχνά βασίζονται σε σταθερές παραδοχές σχετικά με τη διαθεσιμότητα πόρων και τις αποδόσεις των συνεργείων, δεν ανταποκρίνονται πάντα στις πραγματικές συνθήκες εκτέλεσης.

Η παρούσα μελέτη εντάσσεται σε αυτό το πλαίσιο, επιδιώκοντας να εξετάσει τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό της κατασκευής ενός κτιριακού έργου μεγάλης κλίμακας, με έμφαση στην οικονομοτεχνική ανάλυση, την ανάλυση ευαισθησίας κρίσιμων παραμέτρων σχεδιασμού και τη βελτιστοποίηση. Το πρώτο κεφάλαιο έχει θεωρητικό και εισαγωγικό χαρακτήρα και στοχεύει στην παρουσίαση της εξέλιξης της έννοιας του έργου και της διαχείρισής του από το παρελθόν έως το σήμερα, καθώς και στην τοποθέτηση της μελέτης στο ευρύτερο επιστημονικό και επαγγελματικό πλαίσιο.

Στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου, παρουσιάζονται ο σκοπός και οι στόχοι της μελέτης, η μεθοδολογία που ακολουθείται, η δομή της εργασίας και η σημασία και συμβολή της παρούσας έρευνας στον τομέα της διαχείρισης τεχνικών έργων.

1.2 Σκοπός και στόχοι της μελέτης

Ο βασικός σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση και η ανάλυση των μεθόδων χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού στην κατασκευή κτιριακών έργων μεγάλης κλίμακας, με στόχο την ανάπτυξη ενός πιο ρεαλιστικού, αξιόπιστου και ανθεκτικού πλαισίου σχεδιασμού και ελέγχου. Η μελέτη επιδιώκει να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ θεωρητικών προσεγγίσεων και πρακτικών συνθηκών εκτέλεσης, εστιάζοντας ιδιαίτερα στην επίδραση των ανθρώπινων και οργανωτικών παραμέτρων στη διάρκεια και στο κόστος των έργων.

Σε ένα περιβάλλον όπου οι κατασκευαστικές δραστηριότητες χαρακτηρίζονται από έντονη αβεβαιότητα, μεταβλητότητα των πόρων και αυξανόμενες απαιτήσεις ποιότητας και βιωσιμότητας, η ανάγκη για συστηματικό και προσαρμοστικό προγραμματισμό καθίσταται κρίσιμη. Ο σκοπός της μελέτης δεν περιορίζεται στην απλή εφαρμογή υφιστάμενων εργαλείων, αλλά επεκτείνεται στην αξιολόγηση της καταλληλότητάς τους υπό σύγχρονες συνθήκες και στην αναζήτηση τρόπων βελτίωσης της προβλεπτικής τους ικανότητας.

Ειδικότερα, οι κύριοι στόχοι της μελέτης μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

1. Ιστορική και θεωρητική θεμελίωση της έννοιας του προγραμματισμού έργων. Στόχος είναι η παρουσίαση της εξέλιξης των μεθόδων οργάνωσης, χρονικού προγραμματισμού και κοστολόγησης από τις πρώιμες μορφές κατασκευαστικής δραστηριότητας έως τις σύγχρονες ψηφιακές και υπολογιστικές προσεγγίσεις.
2. Ανάλυση των βασικών εννοιών και εργαλείων διαχείρισης έργων. Η μελέτη επιδιώκει να αποσαφηνίσει έννοιες όπως η δομή ανάλυσης εργασιών (Work Breakdown Structure), η κρίσιμη διαδρομή, ο προγραμματισμός πόρων, η κοστολόγηση δραστηριοτήτων και ο έλεγχος απόδοσης.
3. Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ανθρώπινου δυναμικού, τεχνογνωσίας και παραγωγικότητας. Ένας από τους κεντρικούς στόχους είναι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η διαθεσιμότητα και το επίπεδο εμπειρίας των συνεργείων επηρεάζουν τη διάρκεια και το κόστος των επιμέρους δραστηριοτήτων και, κατ' επέκταση, τη συνολική πορεία του έργου.
4. Ανάπτυξη και αξιολόγηση οικονομοτεχνικού μοντέλου προγραμματισμού. Στόχος είναι η δημιουργία ενός πλαισίου που συνδυάζει χρονικές και οικονομικές παραμέτρους, επιτρέποντας την ανάλυση διαφορετικών σεναρίων και την εκτίμηση της ευαισθησίας του έργου σε κρίσιμες μεταβλητές.
5. Εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και μεθόδων ανάλυσης δεδομένων. Η μελέτη διερευνά τη δυνατότητα αξιοποίησης εργαλείων για τη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων και τη στήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.
6. Διατύπωση πρακτικών προτάσεων για τη βελτίωση του προγραμματισμού έργων. Ένας από τους τελικούς στόχους είναι η παροχή κατευθυντήριων γραμμών και συστάσεων που μπορούν να αξιοποιηθούν από επαγγελματίες του κλάδου στην καθημερινή πρακτική.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων προϋποθέτει μια πολυδιάστατη προσέγγιση, η οποία συνδυάζει θεωρητική ανάλυση, εμπειρική έρευνα και πρακτική εφαρμογή. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, η μελέτη φιλοδοξεί να συμβάλει στην κατανόηση των σύγχρονων προκλήσεων της διαχείρισης κτιριακών έργων μεγάλης κλίμακας και να προτείνει λύσεις που ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες της κατασκευαστικής πρακτικής.

1.3 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα μελέτη βασίζεται σε μια συνδυαστική προσέγγιση, η οποία ενσωματώνει τόσο θεωρητικές όσο και εμπειρικές μεθόδους έρευνας. Στόχος είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου ανάλυσης που επιτρέπει την κατανόηση του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού όχι μόνο ως τεχνική διαδικασία, αλλά και ως κοινωνικοοικονομικό και οργανωτικό φαινόμενο.

1.3.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση

Το πρώτο στάδιο της μεθοδολογίας περιλαμβάνει εκτενή βιβλιογραφική επισκόπηση της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας σχετικά με τη διαχείριση έργων, τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό, την κοστολόγηση, την ανάλυση κινδύνου και τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες στον τομέα των κατασκευών. Η επισκόπηση αυτή στοχεύει:

- Στην καταγραφή της εξέλιξης των θεωρητικών προσεγγίσεων και των μεθοδολογιών.
- Στην αναγνώριση των βασικών εννοιών, ορισμών και πλαισίων ανάλυσης.
- Στον εντοπισμό ερευνητικών κενών και περιοχών που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε μελέτες που εξετάζουν τη σχέση μεταξύ ανθρώπινων παραγόντων, παραγωγικότητας και αποκλίσεων κόστους και χρόνου, καθώς και σε πρόσφατες έρευνες που αξιοποιούν τεχνικές μηχανικής μάθησης και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων.

1.3.2 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Το δεύτερο στάδιο αφορά τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων από πραγματικά ή ρεαλιστικά σενάρια κτιριακών έργων μεγάλης κλίμακας. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν:

- Χρονοδιαγράμματα έργων και κατανομές δραστηριοτήτων.
- Προϋπολογισμούς και αναλυτικά κόστη ανά δραστηριότητα.
- Στοιχεία σχετικά με τη διαθεσιμότητα και τη σύνθεση των συνεργείων.
- Καταγραφές αποκλίσεων μεταξύ προγραμματισμένων και πραγματικών τιμών.

Η ανάλυση πραγματοποιείται με τη χρήση στατιστικών μεθόδων, όπως περιγραφική στατιστική, συσχετίσεις και, όπου είναι εφικτό, παλινδρομήσεις, με στόχο την αναγνώριση προτύπων και σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών.

1.3.3 Ανάπτυξη μοντέλων και σεναρίων

Στο τρίτο στάδιο, αναπτύσσονται οικονομοτεχνικά μοντέλα που συνδυάζουν χρονικές και οικονομικές παραμέτρους. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων εκτέλεσης, όπως:

- Μεταβολές στη διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού.
- Αλλαγές στις αποδόσεις των συνεργείων.
- Διακυμάνσεις στο κόστος υλικών και πόρων.

Η ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει την εκτίμηση του βαθμού στον οποίο οι μεταβολές αυτές επηρεάζουν τη συνολική διάρκεια και το κόστος του έργου.

1.3.4 Αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων

Η μελέτη εξετάζει τη χρήση λογισμικών διαχείρισης έργων και τεχνικών μηχανικής για την υποστήριξη της ανάλυσης και της πρόβλεψης. Η αξιοποίηση αυτών των εργαλείων επιτρέπει:

- Τη δημιουργία δυναμικών και ενημερώσιμων χρονοδιαγραμμάτων.
- Την οπτικοποίηση της κατανομής κόστους και πόρων στον χρόνο.
- Την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων από προηγούμενα έργα.

1.3.5 Σύνθεση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τη σύνθεση των αποτελεσμάτων της θεωρητικής και εμπειρικής ανάλυσης και την αξιολόγησή τους σε σχέση με τους αρχικούς στόχους της μελέτης. Η αξιολόγηση αυτή οδηγεί στη διατύπωση συμπερασμάτων και προτάσεων για τη βελτίωση του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού σε έργα μεγάλης κλίμακας.

1.4 Δομή της εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία οργανώνεται σε διακριτά κεφάλαια, τα οποία ακολουθούν μια λογική αλληλουχία από το γενικό στο ειδικό και από το θεωρητικό στο εφαρμοσμένο. Η δομή της εργασίας έχει ως στόχο να διευκολύνει τον αναγνώστη στην κατανόηση του αντικειμένου και στην παρακολούθηση της ερευνητικής διαδικασίας.

Το **Κεφάλαιο 1** αποτελεί το εισαγωγικό και θεωρητικό πλαίσιο της μελέτης. Παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη της έννοιας του έργου και του προγραμματισμού του, οι βασικές έννοιες της διαχείρισης έργων και το πλαίσιο μέσα στο οποίο εντάσσεται η παρούσα έρευνα. Καθορίζονται ο σκοπός, οι στόχοι, η μεθοδολογία, η δομή και η σημασία της μελέτης.

Το **Κεφάλαιο 2** επικεντρώνεται στη θεωρητική ανάλυση των μεθόδων χρονικού προγραμματισμού, όπως τα διαγράμματα Gantt, οι μέθοδοι CPM και PERT, καθώς και στις σύγχρονες ψηφιακές προσεγγίσεις. Αναλύονται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί κάθε μεθόδου και εξετάζεται η καταλληλότητά τους για έργα μεγάλης κλίμακας.

Το **Κεφάλαιο 3** ασχολείται με τον οικονομικό προγραμματισμό και την κοστολόγηση έργων. Παρουσιάζονται οι βασικές αρχές εκτίμησης κόστους, η ανάλυση κόστους κύκλου ζωής, οι μέθοδοι ελέγχου δαπανών και η έννοια της οικονομικής απόδοσης των επενδύσεων σε κατασκευαστικά έργα.

Το **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζει τη μελέτη περίπτωσης του κτιριακού έργου μεγάλης κλίμακας. Αναλύεται το αρχικό χρονοδιάγραμμα και ο προϋπολογισμός, περιγράφονται οι πραγματικές συνθήκες εκτέλεσης και εξετάζονται οι αποκλίσεις που προέκυψαν.

Το **Κεφάλαιο 5** επικεντρώνεται στην ανάλυση ευαισθησίας και στη βελτιστοποίηση. Παρουσιάζονται εναλλακτικά σενάρια εκτέλεσης, αναλύεται η

επίδραση κρίσιμων παραμέτρων και διατυπώνονται προτάσεις για τη βελτίωση του προγραμματισμού.

Τέλος, το **Κεφάλαιο 6** περιλαμβάνει τα συμπεράσματα της μελέτης, τη συζήτηση των αποτελεσμάτων και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

1.5 Σημασία και συμβολή της μελέτης

Η σημασία της παρούσας μελέτης έγκειται στην προσπάθειά της να προσεγγίσει τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό των κτιριακών έργων μεγάλης κλίμακας με έναν ολιστικό και ρεαλιστικό τρόπο. Σε αντίθεση με προσεγγίσεις που περιορίζονται σε καθαρά τεχνικές ή μαθηματικές αναλύσεις, η μελέτη ενσωματώνει οργανωτικούς, ανθρώπινους και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, οι οποίοι συχνά παραμελούνται στον αρχικό σχεδιασμό.

Η συμβολή της έρευνας μπορεί να αναλυθεί σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο. Σε θεωρητικό επίπεδο, η μελέτη εμπλουτίζει τη βιβλιογραφία σχετικά με τη σχέση μεταξύ ανθρώπινου δυναμικού, τεχνογνωσίας και παραγωγικότητας στα κατασκευαστικά έργα. Αναδεικνύει τη σημασία της ενσωμάτωσης αυτών των παραμέτρων στα μοντέλα προγραμματισμού και ελέγχου, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση ενός πιο ολοκληρωμένου πλαισίου ανάλυσης.

Σε πρακτικό επίπεδο, η μελέτη παρέχει εργαλεία και κατευθυντήριες γραμμές που μπορούν να αξιοποιηθούν από μηχανικούς, στελέχη τεχνικών εταιρειών και διαχειριστές έργων. Η ανάλυση ευαισθησίας και η αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων προσφέρουν τη δυνατότητα λήψης πιο τεκμηριωμένων αποφάσεων, μειώνοντας τον κίνδυνο καθυστερήσεων και υπερβάσεων κόστους.

Επιπλέον, η διερεύνηση της αξιοποίησης σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων και τεχνικών ανάλυσης δεδομένων ανοίγει νέες προοπτικές για την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών στον τομέα της διαχείρισης έργων. Η μελέτη αναδεικνύει τις δυνατότητες, αλλά και τους περιορισμούς, των τεχνολογιών αυτών, συμβάλλοντας σε μια πιο ρεαλιστική και κριτική προσέγγιση της ψηφιακής μετάβασης στον κατασκευαστικό κλάδο.

Τέλος, η παρούσα εργασία φιλοδοξεί να αποτελέσει σημείο αναφοράς για μελλοντικές έρευνες που θα εξετάσουν περαιτέρω τη δυναμική και πολυπαραγοντική φύση των κατασκευαστικών έργων. Μέσα από τη σύνθεση θεωρίας και πράξης, επιδιώκει να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας, της αποδοτικότητας και της

βιωσιμότητας των έργων μεγάλης κλίμακας, σε ένα περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από συνεχείς αλλαγές και αυξανόμενες προκλήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Θεωρητικό Πλαίσιο, Οικονομοτεχνική Ανάλυση, Χρονοπρογραμματισμός, Βελτιστοποίηση και Ψηφιακά Εργαλεία σε Κατασκευαστικά Έργα Μεγάλης Κλίμακας

2.1 Εισαγωγική Σημείωση

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί τον βασικό θεωρητικό κορμό της παρούσας διπλωματικής εργασίας και στοχεύει στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου εννοιολογικού και μεθοδολογικού πλαισίου για την κατανόηση του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού σε κατασκευαστικά έργα μεγάλης κλίμακας. Η πολυπλοκότητα των σύγχρονων έργων, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει το κατασκευαστικό περιβάλλον, καθιστά αναγκαία μια ολιστική προσέγγιση, η οποία δεν περιορίζεται σε επιμέρους τεχνικές ή εργαλεία, αλλά ενσωματώνει πολλαπλές επιστημονικές οπτικές.

Στο πλαίσιο αυτό, το κεφάλαιο οργανώνεται με στόχο τη σταδιακή μετάβαση από τις βασικές θεωρητικές έννοιες προς πιο σύνθετες και εφαρμοσμένες προσεγγίσεις. Αρχικά, παρουσιάζεται η θεωρητική θεμελίωση της διοίκησης τεχνικών έργων, δίνοντας έμφαση στη συστημική προσέγγιση, στη δυναμική φύση των έργων και στον ρόλο της αβεβαιότητας. Στη συνέχεια, αναλύονται οι θεμελιώδεις έννοιες του χρόνου, του κόστους και της παραγωγικότητας, καθώς και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, οι οποίες διαμορφώνουν την πορεία ενός έργου.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην οικονομοτεχνική και χρηματοοικονομική ανάλυση, η οποία αποτελεί βασικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου. Η ανάλυση αυτή δεν περιορίζεται στην εκτίμηση κόστους, αλλά επεκτείνεται στη διαμόρφωση ταμειακών ροών, στην αξιολόγηση επενδυτικών επιλογών και στη διερεύνηση της βιωσιμότητας υπό συνθήκες αβεβαιότητας.

Παράλληλα, εξετάζονται οι βασικές και σύγχρονες μέθοδοι χρονοπρογραμματισμού, από τα κλασικά εργαλεία, όπως τα διαγράμματα Gantt και η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής, έως πιο εξελιγμένες στοχαστικές και υβριδικές προσεγγίσεις, οι οποίες ενσωματώνουν την αβεβαιότητα και τη μεταβλητότητα της παραγωγικότητας. Η ανάλυση αυτή συμπληρώνεται από την παρουσίαση μεθόδων

ανάλυσης ευαισθησίας και βελτιστοποίησης, οι οποίες επιτρέπουν την αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Σημαντικό μέρος του κεφαλαίου αφιερώνεται επίσης στις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες και στα εργαλεία που υποστηρίζουν τον προγραμματισμό και τη διαχείριση έργων. Η ανάπτυξη συστημάτων Building Information Modeling (BIM), ψηφιακών διδύμων και εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης έχει μετασχηματίσει τον τρόπο με τον οποίο συλλέγονται, αναλύονται και αξιοποιούνται τα δεδομένα, δημιουργώντας νέες δυνατότητες για τη βελτίωση της ακρίβειας και της αποδοτικότητας των διαδικασιών.

Η δομή του κεφαλαίου ακολουθεί μια λογική αλληλουχία από το γενικό στο ειδικό και από το θεωρητικό στο εφαρμοσμένο.

Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται διαδοχικά:

- η θεωρητική θεμελίωση της διοίκησης έργων,
- οι βασικές έννοιες του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού,
- οι μέθοδοι χρονοπρογραμματισμού,
- οι τεχνικές ανάλυσης ευαισθησίας και βελτιστοποίησης,
- και τα σύγχρονα ψηφιακά εργαλεία και τεχνολογίες.

Μέσα από αυτή τη δομή, επιδιώκεται η δημιουργία ενός συνεκτικού πλαισίου κατανόησης, το οποίο θα υποστηρίξει την ανάλυση της μελέτης περίπτωσης που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια. Το θεωρητικό υπόβαθρο που αναπτύσσεται δεν έχει μόνο περιγραφικό χαρακτήρα, αλλά λειτουργεί ως βάση για την ερμηνεία των εμπειρικών δεδομένων και για τη διατύπωση προτάσεων βελτίωσης του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού σε έργα μεγάλης κλίμακας.

Τέλος, το κεφάλαιο φιλοδοξεί να συμβάλει στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ θεωρίας και πρακτικής, αναδεικνύοντας τόσο τις δυνατότητες όσο και τους περιορισμούς των υφιστάμενων μεθόδων και εργαλείων. Η κατανόηση των περιορισμών αυτών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη πιο ρεαλιστικών

και ανθεκτικών προσεγγίσεων, οι οποίες ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες της κατασκευαστικής πρακτικής.

2.2 Θεωρητική Θεμελίωση της Διοίκησης Τεχνικών Έργων

Η διοίκηση τεχνικών έργων αποτελεί ένα σύνθετο και δυναμικό επιστημονικό πεδίο, το οποίο έχει εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, ακολουθώντας την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων. Πρόκειται για ένα κατεξοχήν διεπιστημονικό αντικείμενο, το οποίο συνδυάζει αρχές και εργαλεία από τη μηχανική, την οικονομική επιστήμη, τη διοίκηση επιχειρήσεων, τη θεωρία συστημάτων και τη στατιστική ανάλυση (Kerzner, 2017; Project Management Institute, 2021). Στο επίκεντρο της διοίκησης έργων βρίσκεται η ανάγκη αποτελεσματικού συντονισμού τεχνικών, οικονομικών και ανθρώπινων πόρων, υπό συνθήκες περιορισμών, αβεβαιότητας και αυστηρών χρονικών και συμβατικών δεσμεύσεων.

Τα κατασκευαστικά έργα, και ιδιαίτερα τα έργα μεγάλης κλίμακας, δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν ως απλές γραμμικές διαδικασίες, αλλά ως πολύπλοκα, δυναμικά και αλληλεξαρτώμενα συστήματα. Η σύγχρονη βιβλιογραφία τα προσεγγίζει ως «ανοικτά συστήματα», τα οποία βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση με το εξωτερικό τους περιβάλλον (Flyvbjerg, 2014). Παράγοντες όπως οι μεταβολές στο θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο, οι οικονομικές διακυμάνσεις, οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι κοινωνικές απαιτήσεις επηρεάζουν άμεσα τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την απόδοση των έργων. Η προσέγγιση αυτή αναδεικνύει την ανάγκη για ευελιξία και προσαρμοστικότητα στον προγραμματισμό και στη διοίκηση.

Στο πλαίσιο της θεωρίας συστημάτων, το έργο μπορεί να αναλυθεί ως ένα σύνολο αλληλοεξαρτώμενων υποσυστημάτων, όπως το τεχνικό, το οικονομικό, το οργανωσιακό και το θεσμικό. Κάθε ένα από τα υποσυστήματα αυτά διαθέτει τη δική του εσωτερική δομή και δυναμική, ενώ ταυτόχρονα επηρεάζει και επηρεάζεται από τα υπόλοιπα. Η συνολική συμπεριφορά του έργου δεν μπορεί να ερμηνευθεί πλήρως μέσω της απομονωμένης ανάλυσης των επιμέρους στοιχείων, αλλά απαιτεί την κατανόηση των σχέσεων, των αλληλεπιδράσεων και των μηχανισμών ανάδρασης που αναπτύσσονται μεταξύ τους (Lock, 2020).

Η έννοια της ανάδρασης (feedback) αποτελεί βασικό στοιχείο της συστημικής προσέγγισης και έχει ιδιαίτερη σημασία στη διοίκηση έργων. Οι αποφάσεις που

λαμβάνονται στα πρώιμα στάδια του σχεδιασμού επηρεάζουν καθοριστικά τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των μεταγενέστερων φάσεων. Για παράδειγμα, επιλογές που αφορούν τη μέθοδο κατασκευής, τη διαμόρφωση του εργοταξίου, τη διάρθρωση των συμβάσεων ή τη στρατηγική ανάθεσης εργασιών μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη ροή των εργασιών, τη διαθεσιμότητα πόρων και τη μεταβλητότητα της παραγωγικότητας. Οι επιπτώσεις αυτές συχνά δεν είναι άμεσα ορατές, αλλά εκδηλώνονται σταδιακά, δημιουργώντας αλυσιδωτές αντιδράσεις στο σύνολο του έργου.

Παράλληλα, η διοίκηση τεχνικών έργων συνδέεται στενά με την έννοια του κύκλου ζωής του έργου (project life cycle), ο οποίος περιλαμβάνει διακριτές φάσεις, όπως η σύλληψη και σκοπιμότητα, ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η λειτουργία. Κάθε φάση χαρακτηρίζεται από διαφορετικούς στόχους, επίπεδα αβεβαιότητας και βαθμούς επιρροής στις τελικές αποφάσεις. Στα αρχικά στάδια, το επίπεδο αβεβαιότητας είναι υψηλό, αλλά η δυνατότητα επιρροής στο τελικό αποτέλεσμα είναι επίσης σημαντική. Αντίθετα, στα μεταγενέστερα στάδια, η αβεβαιότητα μειώνεται, αλλά οι δυνατότητες παρέμβασης περιορίζονται (Kerzner, 2017).

Η διαχείριση των περιορισμών αποτελεί έναν ακόμη βασικό άξονα της διοίκησης έργων. Η λεγόμενη «τριπλή δέσμευση» (triple constraint), η οποία περιλαμβάνει τον χρόνο, το κόστος και το αντικείμενο (scope), χρησιμοποιείται ευρέως ως πλαίσιο κατανόησης των βασικών προκλήσεων (Project Management Institute, 2021). Ωστόσο, στη σύγχρονη βιβλιογραφία αναγνωρίζεται ότι το μοντέλο αυτό είναι περιορισμένο, καθώς δεν ενσωματώνει επαρκώς παράγοντες όπως η ποιότητα, ο κίνδυνος, η βιωσιμότητα και οι κοινωνικές επιπτώσεις. Ως εκ τούτου, προτείνονται πιο διευρυμένα πλαίσια, τα οποία λαμβάνουν υπόψη την πολυδιάστατη φύση των σύγχρονων έργων.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά επίσης η οργανωσιακή διάσταση των έργων. Τα έργα μεγάλης κλίμακας χαρακτηρίζονται από τη συμμετοχή πολλών εμπλεκόμενων φορέων (stakeholders), όπως κύριοι του έργου, εργολάβοι, υπεργολάβοι, μελετητές, προμηθευτές και δημόσιοι οργανισμοί. Η διαχείριση των σχέσεων μεταξύ των φορέων αυτών, καθώς και η ευθυγράμμιση των διαφορετικών συμφερόντων και στόχων, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας. Η βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι προβλήματα επικοινωνίας, ασυμμετρία πληροφόρησης και συγκρούσεις

συμφερόντων αποτελούν βασικές αιτίες καθυστερήσεων και υπερβάσεων κόστους (Flyvbjerg, 2014).

Επιπλέον, η διοίκηση έργων δεν μπορεί να αποκοπεί από τον ανθρώπινο παράγοντα. Η εμπειρία, η εκπαίδευση και η συνεργασία των ομάδων έργου επηρεάζουν άμεσα την αποτελεσματικότητα της υλοποίησης. Η λήψη αποφάσεων σε περιβάλλοντα αβεβαιότητας απαιτεί όχι μόνο τεχνική γνώση, αλλά και διοικητικές δεξιότητες, ικανότητα προσαρμογής και κατανόηση της οργανωσιακής συμπεριφοράς. Στο πλαίσιο αυτό, η έννοια της «οργανωσιακής μάθησης» αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς τα έργα αποτελούν πηγή εμπειρίας που μπορεί να αξιοποιηθεί για τη βελτίωση μελλοντικών πρακτικών.

Τέλος, η σύγχρονη εξέλιξη της διοίκησης τεχνικών έργων συνδέεται άμεσα με την ψηφιακή μετάβαση και την αξιοποίηση δεδομένων. Η ενσωμάτωση πληροφοριακών συστημάτων, ψηφιακών μοντέλων και τεχνικών ανάλυσης δεδομένων επιτρέπει τη μετάβαση από εμπειρικές σε δεδομενοκεντρικές προσεγγίσεις. Η εξέλιξη αυτή δεν αντικαθιστά τη σημασία της εμπειρίας, αλλά τη συμπληρώνει, ενισχύοντας τη δυνατότητα πρόβλεψης, ελέγχου και βελτιστοποίησης.

Συνολικά, η διοίκηση τεχνικών έργων μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνθετο σύστημα λήψης αποφάσεων, το οποίο λειτουργεί σε πολλαπλά επίπεδα και ενσωματώνει τεχνικές, οικονομικές, οργανωσιακές και κοινωνικές διαστάσεις. Η κατανόηση της πολυπλοκότητας αυτής αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού, οι οποίες θα εξεταστούν στις επόμενες ενότητες.

2.3 Χρόνος, Κόστος, Παραγωγικότητα και Αβεβαιότητα στα Κατασκευαστικά Έργα

Η επιτυχής υλοποίηση ενός κατασκευαστικού έργου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαχείριση τεσσάρων θεμελιωδών παραμέτρων: του χρόνου, του κόστους, της παραγωγικότητας και της αβεβαιότητας. Οι παράμετροι αυτές δεν λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά διαμορφώνουν ένα δυναμικό και αλληλεξαρτώμενο σύστημα, στο οποίο οι μεταβολές σε μία διάσταση επηρεάζουν άμεσα τις υπόλοιπες. Η κατανόηση των σχέσεων αυτών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων προγραμματισμού και ελέγχου (Project Management Institute, 2021).

2.3.1 Η έννοια του χρόνου στον προγραμματισμό έργων

Ο χρόνος αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες μεταβλητές στη διοίκηση έργων, καθώς καθορίζει τη διαδοχή των δραστηριοτήτων, τη διάρκεια υλοποίησης και τη χρονική δέσμευση των πόρων. Στη σύγχρονη θεωρία, ο χρόνος δεν αντιμετωπίζεται απλώς ως μια στατική ή ημερολογιακή παράμετρος, αλλά ως μια δυναμική μεταβλητή που επηρεάζεται από την παραγωγικότητα, τις τεχνικές επιλογές και τις εξωτερικές συνθήκες.

Η χρονική διάσταση ενός έργου μπορεί να αναλυθεί σε τρία βασικά επίπεδα. Σε στρατηγικό επίπεδο, ο χρόνος συνδέεται με τον καθορισμό των βασικών φάσεων και των οροσήμων του έργου, καθώς και με τη συμμόρφωση σε συμβατικές ή θεσμικές προθεσμίες. Σε τακτικό επίπεδο, ο χρόνος μεταφράζεται σε χρονοδιαγράμματα, στα οποία αποτυπώνονται οι δραστηριότητες και οι μεταξύ τους εξαρτήσεις. Τέλος, σε επιχειρησιακό επίπεδο, ο χρόνος εκφράζεται μέσω καθημερινών και εβδομαδιαίων προγραμμάτων εργασίας, τα οποία καθοδηγούν τη λειτουργία του εργοταξίου.

Η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι ένα από τα βασικά προβλήματα στον χρονικό προγραμματισμό είναι η απόκλιση μεταξύ προγραμματισμένου και πραγματικού χρόνου. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται σε παράγοντες όπως η μεταβλητότητα της παραγωγικότητας, οι καθυστερήσεις στην προμήθεια υλικών και οι αλλαγές στον σχεδιασμό (Hegazy, 2011).

2.3.2 Οικονομική διάσταση και έννοια του κόστους

Το κόστος αποτελεί τη δεύτερη βασική διάσταση του προγραμματισμού και συνδέεται άμεσα με τη βιωσιμότητα και την οικονομική αποδοτικότητα ενός έργου. Η διαχείριση του κόστους περιλαμβάνει τη διαδικασία εκτίμησης, κατανομής, παρακολούθησης και ελέγχου των δαπανών σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής.

Στη θεωρία της οικονομικής ανάλυσης έργων, το κόστος διακρίνεται σε άμεσο και έμμεσο. Το άμεσο κόστος αφορά δαπάνες που σχετίζονται άμεσα με συγκεκριμένες δραστηριότητες, όπως εργασία, υλικά και εξοπλισμός, ενώ το έμμεσο κόστος περιλαμβάνει γενικά έξοδα, διοικητικές δαπάνες και λοιπές υποστηρικτικές λειτουργίες (Park, 2013). Παράλληλα, η διάκριση μεταξύ σταθερού και μεταβλητού κόστους επιτρέπει την κατανόηση της συμπεριφοράς των δαπανών σε σχέση με τον όγκο παραγωγής.

Η χρονική κατανομή του κόστους οδηγεί στη διαμόρφωση ταμειακών ροών, οι οποίες αποτελούν βασικό εργαλείο χρηματοοικονομικής διαχείρισης. Η μη ορθολογική κατανομή των δαπανών στον χρόνο μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ρευστότητας, ακόμη και σε έργα που θεωρούνται οικονομικά βιώσιμα σε συνολικό επίπεδο.

2.3.3 Παραγωγικότητα συνεργείων

Η παραγωγικότητα αποτελεί τον σύνδεσμο μεταξύ χρόνου και κόστους, καθώς καθορίζει τον ρυθμό με τον οποίο οι πόροι μετατρέπονται σε παραγόμενο έργο. Ορίζεται συνήθως ως ο λόγος της παραγόμενης ποσότητας προς τον χρόνο ή τους χρησιμοποιούμενους πόρους και επηρεάζει άμεσα τόσο τη διάρκεια όσο και το συνολικό κόστος ενός έργου (Dolage & Chan, 2013).

Η παραγωγικότητα στα κατασκευαστικά έργα χαρακτηρίζεται από υψηλή μεταβλητότητα, γεγονός που την καθιστά δύσκολα προβλέψιμη. Παράγοντες όπως η εμπειρία του εργατικού δυναμικού, η ποιότητα της επίβλεψης, οι καιρικές συνθήκες, η οργάνωση του εργοταξίου και η διαθεσιμότητα υλικών επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση των συνεργείων (Hanna et al., 2005).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σχέση μεταξύ έντασης εργασίας και παραγωγικότητας. Η βιβλιογραφία δείχνει ότι η αύξηση των ωρών εργασίας ή η υπερεντατικοποίηση των συνεργείων δεν οδηγεί απαραίτητα σε αύξηση της παραγωγικότητας. Αντίθετα, συχνά παρατηρείται φθίνουσα απόδοση, η οποία αυξάνει το κόστος χωρίς να μειώνει ανάλογα τον χρόνο ολοκλήρωσης (Sonmez, 2007).

2.3.4 Αβεβαιότητα και μεταβλητότητα

Η αβεβαιότητα αποτελεί εγγενές χαρακτηριστικό των κατασκευαστικών έργων και επηρεάζει όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής τους. Σε αντίθεση με άλλα βιομηχανικά συστήματα, τα κατασκευαστικά έργα υλοποιούνται σε ανοικτά και μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα, όπου πολλοί παράγοντες δεν μπορούν να ελεγχθούν πλήρως.

Η αβεβαιότητα μπορεί να διακριθεί σε διάφορες κατηγορίες. Η τεχνική αβεβαιότητα σχετίζεται με τη συμπεριφορά των υλικών και την ακρίβεια των μελετών. Η οργανωσιακή αβεβαιότητα αφορά τη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων και τη ροή της πληροφορίας. Η οικονομική αβεβαιότητα

συνδέεται με τις μεταβολές στις τιμές των εισροών και στις χρηματοοικονομικές συνθήκες, ενώ η περιβαλλοντική αβεβαιότητα περιλαμβάνει εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι καιρικές συνθήκες και οι κανονιστικές αλλαγές (Vose, 2008).

Η παρουσία αβεβαιότητας οδηγεί συχνά σε αποκλίσεις μεταξύ αρχικού σχεδιασμού και πραγματικής εκτέλεσης, γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη χρήση ευέλικτων και προσαρμοστικών μεθόδων προγραμματισμού.

2.3.5 Αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου, κόστους και παραγωγικότητας

Η σχέση μεταξύ χρόνου, κόστους και παραγωγικότητας αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες προκλήσεις στη διοίκηση έργων. Οι τρεις αυτές μεταβλητές βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση και διαμορφώνουν ένα σύστημα ανταλλαγών (trade-offs). Για παράδειγμα, η επιτάχυνση ενός έργου μέσω αύξησης των πόρων μπορεί να μειώσει τον χρόνο, αλλά να αυξήσει το κόστος. Αντίστοιχα, η μείωση του κόστους μέσω περιορισμού πόρων μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις.

Η έννοια των ανταλλαγών αυτών αποτελεί βασικό στοιχείο της θεωρίας της διοίκησης έργων και συνδέεται άμεσα με τη λήψη αποφάσεων. Η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής εξαρτάται από τις προτεραιότητες του έργου, τις συμβατικές υποχρεώσεις και το επίπεδο αποδεκτού κινδύνου.

Στη σύγχρονη βιβλιογραφία, η ανάλυση των σχέσεων αυτών πραγματοποιείται όλο και περισσότερο με τη χρήση στοχαστικών και δεδομενοκεντρικών μοντέλων, τα οποία επιτρέπουν την εκτίμηση της επίδρασης διαφορετικών σεναρίων στην απόδοση του έργου (Wang et al., 2017).

2.3.6 Διαχείριση κινδύνου

Η διαχείριση κινδύνου αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της διαχείρισης των παραπάνω μεταβλητών. Περιλαμβάνει τη διαδικασία αναγνώρισης, ανάλυσης και αντιμετώπισης των κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν τον χρόνο και το κόστος του έργου.

Η ποσοτική ανάλυση κινδύνου βασίζεται συχνά στη χρήση πιθανοκρατικών μοντέλων και προσομοιώσεων, οι οποίες επιτρέπουν την εκτίμηση της κατανομής των πιθανών αποτελεσμάτων. Μέσω αυτών των εργαλείων, οι διαχειριστές έργων μπορούν να αξιολογήσουν την πιθανότητα καθυστερήσεων ή υπερβάσεων κόστους και να σχεδιάσουν κατάλληλες στρατηγικές μετριασμού.

Συνοψίζοντας, ο χρόνος, το κόστος, η παραγωγικότητα και η αβεβαιότητα συνιστούν ένα ενιαίο και δυναμικό σύστημα, το οποίο καθορίζει την πορεία και την επιτυχία ενός κατασκευαστικού έργου. Η κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραμέτρων αυτών αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη πιο προηγμένων μεθόδων προγραμματισμού, οι οποίες θα παρουσιαστούν στις επόμενες ενότητες.

2.4 Οικονομοτεχνικές Μελέτες και Χρηματοοικονομική Ανάλυση σε Κατασκευαστικά Έργα Μεγάλης Κλίμακας

Η οικονομοτεχνική ανάλυση αποτελεί έναν από τους θεμελιώδεις πυλώνες της διοίκησης κατασκευαστικών έργων, καθώς συνδέει τη τεχνική σκοπιμότητα ενός έργου με την οικονομική του βιωσιμότητα. Στα έργα μεγάλης κλίμακας, όπου οι επενδύσεις είναι ιδιαίτερα υψηλές και οι χρονικοί ορίζοντες εκτείνονται σε βάθος πολλών ετών, η ανάγκη για ολοκληρωμένη και αξιόπιστη οικονομική αξιολόγηση καθίσταται κρίσιμη.

Η οικονομοτεχνική προσέγγιση δεν περιορίζεται στην εκτίμηση του κόστους κατασκευής, αλλά επεκτείνεται στη συνολική ανάλυση του κύκλου ζωής του έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη λειτουργία, τη συντήρηση και τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις. Η προσέγγιση αυτή εντάσσεται στο πλαίσιο της σύγχρονης θεωρίας επενδύσεων και της βιώσιμης ανάπτυξης, όπου τα έργα αξιολογούνται όχι μόνο με οικονομικά, αλλά και με περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια (Park, 2013).

2.4.1 Ρόλος των οικονομοτεχνικών μελετών στον κύκλο ζωής έργων

Οι οικονομοτεχνικές μελέτες αποτελούν δυναμικό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, το οποίο συνοδεύει το έργο σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του. Στο στάδιο της σύλληψης και σκοπιμότητας, χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση της βιωσιμότητας διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων, επιτρέποντας τη σύγκριση τεχνικών επιλογών ως προς το κόστος και τα αναμενόμενα οφέλη.

Κατά τη φάση του σχεδιασμού, οι μελέτες αυτές συμβάλλουν στη διαμόρφωση του αρχικού προϋπολογισμού και στον καθορισμό των βασικών οικονομικών παραμέτρων. Στο στάδιο της κατασκευής, η οικονομοτεχνική ανάλυση μετατρέπεται σε εργαλείο παρακολούθησης και ελέγχου, μέσω του οποίου αξιολογούνται οι αποκλίσεις μεταξύ προγραμματισμένων και πραγματικών δαπανών.

Στη φάση λειτουργίας, η ανάλυση επεκτείνεται στην αξιολόγηση της απόδοσης της επένδυσης και στην εκτίμηση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Η συνεχής αυτή διαδικασία ανατροφοδότησης επιτρέπει τη βελτίωση των μελλοντικών έργων, ενισχύοντας την οργανωσιακή μάθηση.

2.4.2 Θεωρητικές βάσεις χρηματοοικονομικής αξιολόγησης

Η χρηματοοικονομική αξιολόγηση έργων βασίζεται στη θεωρία της χρονικής αξίας του χρήματος, η οποία αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της οικονομικής ανάλυσης. Η ανάγκη προεξόφλησης των μελλοντικών ταμειακών ροών προκύπτει από την ύπαρξη πληθωρισμού, κινδύνου και εναλλακτικών επενδυτικών επιλογών.

Η καθαρή παρούσα αξία (NPV) αποτελεί τον βασικό δείκτη αξιολόγησης, καθώς εκφράζει τη συνολική οικονομική αξία ενός έργου σε σημερινές τιμές. Ένα έργο θεωρείται αποδεκτό όταν η NPV είναι θετική, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα αναμενόμενα οφέλη υπερβαίνουν το κόστος επένδυσης.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) παρέχει ένα εναλλακτικό μέτρο αξιολόγησης, επιτρέποντας τη σύγκριση της απόδοσης του έργου με το κόστος κεφαλαίου. Παράλληλα, η περίοδος αποπληρωμής χρησιμοποιείται ως απλός δείκτης ρευστότητας και επενδυτικού κινδύνου.

Ωστόσο, η εφαρμογή των δεικτών αυτών σε κατασκευαστικά έργα παρουσιάζει δυσκολίες, λόγω της αβεβαιότητας των προβλέψεων και της πολυπλοκότητας των ταμειακών ροών. Για τον λόγο αυτό, η βιβλιογραφία προτείνει τη συνδυαστική χρήση πολλαπλών δεικτών και μεθόδων (Vose, 2008).

2.4.3 Εκτίμηση κόστους και δομή προϋπολογισμού

Η εκτίμηση κόστους αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες και απαιτητικές διαδικασίες στη διοίκηση έργων. Η ακρίβεια της εκτίμησης επηρεάζει άμεσα τη βιωσιμότητα και τη χρηματοδότηση του έργου.

Στα κατασκευαστικά έργα μεγάλης κλίμακας, η εκτίμηση κόστους πραγματοποιείται σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης, από συνολικές προσεγγίσεις (top-down) έως αναλυτικές μεθόδους (bottom-up). Η αναλυτική προσέγγιση βασίζεται στη διάσπαση του έργου σε επιμέρους δραστηριότητες και στην εκτίμηση του κόστους κάθε δραστηριότητας ξεχωριστά.

Η δομή του προϋπολογισμού περιλαμβάνει συνήθως:

- άμεσο κόστος (εργασία, υλικά, εξοπλισμός),
- έμμεσο κόστος (γενικά έξοδα),
- απρόβλεπτα (contingency),
- διοικητικές και χρηματοοικονομικές επιβαρύνσεις.

Η ανάλυση αυτή επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση της κατανομής των πόρων και την αναγνώριση των βασικών παραγόντων κόστους, οι οποίοι επηρεάζουν τη συνολική οικονομική απόδοση.

2.4.4 Ταμειακές ροές και χρηματοοικονομικός σχεδιασμός

Οι ταμειακές ροές αποτελούν βασικό εργαλείο χρηματοοικονομικής διαχείρισης, καθώς απεικονίζουν τη χρονική κατανομή των εισροών και εκροών. Σε αντίθεση με τον συνολικό προϋπολογισμό, οι ταμειακές ροές επιτρέπουν την ανάλυση της ρευστότητας σε πραγματικό χρόνο.

Η σύνδεση των ταμειακών ροών με το χρονοδιάγραμμα του έργου είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς οι καθυστερήσεις στις δραστηριότητες επηρεάζουν άμεσα τη χρονική κατανομή των δαπανών. Η έλλειψη συγχρονισμού μεταξύ δαπανών και χρηματοδότησης μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα ρευστότητας, ακόμη και σε οικονομικά βιώσιμα έργα.

Στα σύγχρονα έργα, η διαχείριση των ταμειακών ροών υποστηρίζεται από δυναμικά μοντέλα, τα οποία ενημερώνονται με βάση την πρόοδο του έργου και επιτρέπουν την έγκαιρη λήψη αποφάσεων.

2.4.5 Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής

Η ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (Life Cycle Cost Analysis) αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, η οποία λαμβάνει υπόψη το συνολικό κόστος ενός έργου από τη σύλληψη έως την απόσυρσή του. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε έργα υποδομών και κτιριακά έργα μεγάλης διάρκειας ζωής.

Η ενσωμάτωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης οδηγεί σε πιο ρεαλιστικές και βιώσιμες αποφάσεις, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων με βάση το συνολικό τους αποτύπωμα και όχι μόνο το αρχικό κόστος κατασκευής.

2.4.6 Αβεβαιότητα και διαχείριση χρηματοοικονομικού κινδύνου

Η αβεβαιότητα αποτελεί εγγενές χαρακτηριστικό των οικονομικών προβλέψεων, ιδιαίτερα σε έργα μεγάλης διάρκειας. Οι μεταβολές στις τιμές των υλικών, τα επιτόκια και οι μακροοικονομικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το τελικό κόστος.

Για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας, χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως:

- ανάλυση ευαισθησίας,
- ανάλυση σεναρίων,
- προσομοιώσεις Monte Carlo.

Οι μέθοδοι αυτές επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση του κινδύνου και την εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης αρνητικών αποκλίσεων.

2.4.7 Σύνδεση οικονομικού και χρονικού προγραμματισμού

Η ολοκληρωμένη διαχείριση έργων απαιτεί τη συνδυασμένη ανάλυση χρόνου και κόστους. Οι δύο αυτές διαστάσεις είναι αλληλένδετες, καθώς η χρονική εξέλιξη των εργασιών καθορίζει τη ροή των δαπανών και την κατανομή των πόρων.

Η ανάπτυξη ολοκληρωμένων μοντέλων, τα οποία συνδυάζουν χρονοδιάγραμμα και προϋπολογισμό, επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των ανταλλαγών μεταξύ χρόνου και κόστους. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί τη βάση για την εφαρμογή πιο προχωρημένων μεθόδων, όπως η βελτιστοποίηση και η ανάλυση ευαισθησίας.

Συνοψίζοντας, η οικονομοτεχνική ανάλυση αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για την επιτυχή υλοποίηση κατασκευαστικών έργων μεγάλης κλίμακας. Η κατανόηση των οικονομικών μηχανισμών και η ενσωμάτωσή τους στον χρονικό προγραμματισμό επιτρέπουν την ανάπτυξη πιο ρεαλιστικών και αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης.

2.5 Μέθοδοι Χρονοπρογραμματισμού σε Κατασκευαστικά Έργα Μεγάλης Κλίμακας

Ο χρονοπρογραμματισμός αποτελεί μία από τις πλέον κρίσιμες διαδικασίες στη διοίκηση κατασκευαστικών έργων, καθώς καθορίζει τη χρονική οργάνωση των δραστηριοτήτων και επηρεάζει άμεσα τόσο τη συνολική διάρκεια όσο και το

οικονομικό αποτέλεσμα του έργου. Στα έργα μεγάλης κλίμακας, όπου ο αριθμός των δραστηριοτήτων είναι ιδιαίτερα υψηλός και οι αλληλεξαρτήσεις σύνθετες, ο χρονοπρογραμματισμός δεν αποτελεί απλώς ένα εργαλείο οργάνωσης, αλλά έναν μηχανισμό λήψης αποφάσεων που επηρεάζει τη στρατηγική και την επιχειρησιακή διαχείριση.

Η εξέλιξη των μεθόδων χρονοπρογραμματισμού αντικατοπτρίζει τη γενικότερη εξέλιξη της διοίκησης έργων, από εμπειρικές και περιγραφικές προσεγγίσεις προς πιο αναλυτικά, μαθηματικά και δεδομενοκεντρικά μοντέλα. Στα πρώιμα στάδια, ο προγραμματισμός βασιζόταν κυρίως στην εμπειρία των μηχανικών και στη γραμμική οργάνωση των εργασιών, χωρίς τη χρήση τυποποιημένων εργαλείων. Η προσέγγιση αυτή, αν και λειτουργική για έργα μικρής κλίμακας, αποδείχθηκε ανεπαρκής για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τα σύγχρονα κατασκευαστικά έργα.

Η εισαγωγή των διαγραμμάτων Gantt αποτέλεσε το πρώτο σημαντικό βήμα προς τη συστηματοποίηση του χρονοπρογραμματισμού. Μέσω της γραφικής απεικόνισης των δραστηριοτήτων σε έναν χρονικό άξονα, τα διαγράμματα αυτά επέτρεψαν την καλύτερη κατανόηση της διάρκειας και της αλληλουχίας των εργασιών. Η απλότητα και η ευκολία χρήσης τους τα καθιστούν ιδιαίτερα δημοφιλή μέχρι και σήμερα, κυρίως ως εργαλεία επικοινωνίας και παρακολούθησης της προόδου. Ωστόσο, η περιορισμένη ικανότητά τους να αποτυπώνουν πολύπλοκες λογικές εξαρτήσεις και να υποστηρίζουν αναλυτικές διαδικασίες τα καθιστά ανεπαρκή για έργα μεγάλης κλίμακας.

Η ανάγκη για πιο αναλυτικές και αυστηρά δομημένες μεθόδους οδήγησε στην ανάπτυξη της Μεθόδου Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method - CPM), η οποία αποτέλεσε σημείο καμπής στη θεωρία του χρονοπρογραμματισμού. Μέσω της αναπαράστασης του έργου ως δικτυωτού μοντέλου, η CPM επιτρέπει τον προσδιορισμό της κρίσιμης διαδρομής, δηλαδή της αλληλουχίας δραστηριοτήτων που καθορίζει τη συνολική διάρκεια του έργου. Η έννοια αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς αναδεικνύει τις δραστηριότητες που απαιτούν αυξημένη προσοχή και έλεγχο.

Η συμβολή της CPM δεν περιορίζεται στον προσδιορισμό της κρίσιμης διαδρομής, αλλά επεκτείνεται και στον υπολογισμό των χρονικών αποθεμάτων, τα οποία επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση των πόρων. Παρά τα σημαντικά της πλεονεκτήματα, η CPM βασίζεται στην παραδοχή ότι οι διάρκειες των

δραστηριοτήτων είναι γνωστές και σταθερές, γεγονός που δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες των κατασκευαστικών έργων, όπου η αβεβαιότητα αποτελεί κυρίαρχο χαρακτηριστικό.

Για την αντιμετώπιση αυτής της αδυναμίας, αναπτύχθηκε η μέθοδος PERT (Program Evaluation and Review Technique), η οποία εισάγει τη στοχαστική προσέγγιση στον χρονοπρογραμματισμό. Η βασική καινοτομία της PERT είναι η χρήση τριών εκτιμήσεων διάρκειας για κάθε δραστηριότητα, επιτρέποντας τον υπολογισμό της αναμενόμενης διάρκειας και της διακύμανσης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας και την εκτίμηση της πιθανότητας ολοκλήρωσης του έργου εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου.

Παρά τη σημαντική συμβολή της, η PERT παρουσιάζει περιορισμούς, κυρίως λόγω των απλοποιητικών παραδοχών που υιοθετεί, όπως η ανεξαρτησία των δραστηριοτήτων και η εστίαση αποκλειστικά στην κρίσιμη διαδρομή. Στην πράξη, οι δραστηριότητες ενός έργου συχνά παρουσιάζουν αλληλεξαρτήσεις που δεν μπορούν να αποτυπωθούν πλήρως μέσω των κλασικών μοντέλων.

Η ανάγκη για πιο ρεαλιστική αντιμετώπιση της αβεβαιότητας οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων προσομοίωσης, με κυριότερη την προσομοίωση Monte Carlo. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη δημιουργία μεγάλου αριθμού σεναρίων, μέσω τυχαίας δειγματοληψίας από κατανομές πιθανότητας των διαρκειών των δραστηριοτήτων. Το αποτέλεσμα δεν είναι μία μοναδική εκτίμηση διάρκειας, αλλά μια κατανομή πιθανών τιμών, η οποία επιτρέπει την εκτίμηση της πιθανότητας καθυστερήσεων και την καλύτερη κατανόηση του κινδύνου.

Η εφαρμογή της Monte Carlo στον χρονοπρογραμματισμό θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική για έργα μεγάλης κλίμακας, καθώς επιτρέπει την αναγνώριση δραστηριοτήτων που, αν και δεν ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή στο βασικό σενάριο, ενδέχεται να καταστούν κρίσιμες υπό διαφορετικές συνθήκες. Η έννοια αυτή της «πιθανότητας κρίσιμότητας» αποτελεί σημαντική εξέλιξη σε σχέση με τις κλασικές ντετερμινιστικές προσεγγίσεις.

Παράλληλα με τις πιθανοκρατικές μεθόδους, αναπτύχθηκαν και εναλλακτικές προσεγγίσεις βασισμένες στη θεωρία των ασαφών συνόλων (fuzzy logic). Οι μέθοδοι αυτές επιτρέπουν την αναπαράσταση της αβεβαιότητας με πιο ευέλικτο τρόπο, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν επαρκή ιστορικά δεδομένα και οι εκτιμήσεις βασίζονται στην εμπειρία των ειδικών. Η χρήση λεκτικών μεταβλητών και

ασαφών αριθμών επιτρέπει την αποτύπωση της αβεβαιότητας με τρόπο πιο κοντά στην πραγματική ανθρώπινη σκέψη.

Στη σύγχρονη εποχή, η εξέλιξη των μεθόδων χρονοπρογραμματισμού χαρακτηρίζεται από τη μετάβαση προς υβριδικά και δεδομενοκεντρικά μοντέλα, τα οποία συνδυάζουν στοιχεία από διαφορετικές θεωρητικές προσεγγίσεις. Η ενσωμάτωση της παραγωγικότητας των συνεργείων, των πραγματικών συνθηκών εργοταξίου και των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο οδηγεί στη δημιουργία δυναμικών μοντέλων, τα οποία μπορούν να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Η ανάπτυξη ψηφιακών τεχνολογιών, όπως τα συστήματα Building Information Modeling (BIM), έχει συμβάλει σημαντικά στην ενίσχυση του χρονοπρογραμματισμού, επιτρέποντας τη σύνδεση του χρονοδιαγράμματος με τη γεωμετρική αναπαράσταση του έργου (4D scheduling). Η δυνατότητα αυτή βελτιώνει την κατανόηση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ δραστηριοτήτων και ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

Επιπλέον, η χρήση λογισμικών όπως το Primavera P6 και το Microsoft Project επιτρέπει την ενσωμάτωση χρόνου, κόστους και πόρων σε ενιαία περιβάλλοντα, διευκολύνοντας την παρακολούθηση και τον έλεγχο του έργου. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των εργαλείων αυτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των δεδομένων και την ικανότητα των χρηστών να τα αξιοποιούν σωστά.

Μία από τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα είναι η ενσωμάτωση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης στον χρονοπρογραμματισμό. Οι αλγόριθμοι αυτοί μπορούν να αναλύουν μεγάλα σύνολα δεδομένων από προηγούμενα έργα και να προβλέπουν τη διάρκεια δραστηριοτήτων με μεγαλύτερη ακρίβεια. Παράλληλα, επιτρέπουν την ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων, τα οποία βελτιώνονται συνεχώς με βάση τα δεδομένα.

Παρά τη σημαντική πρόοδο, η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι καμία μέθοδος δεν μπορεί να καλύψει πλήρως την πολυπλοκότητα των κατασκευαστικών έργων. Η επιλογή της κατάλληλης προσέγγισης εξαρτάται από το μέγεθος του έργου, το επίπεδο αβεβαιότητας, τη διαθεσιμότητα δεδομένων και τις απαιτήσεις της διαχείρισης.

Συνολικά, οι μέθοδοι χρονοπρογραμματισμού εξελίσσονται συνεχώς, αντανakλώντας τις αυξανόμενες απαιτήσεις των σύγχρονων έργων. Η μετάβαση από στατικές και ντετερμινιστικές προσεγγίσεις σε δυναμικά και στοχαστικά μοντέλα αποτελεί βασική κατεύθυνση της έρευνας και της πρακτικής, με στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας, της αξιοπιστίας και της προσαρμοστικότητας του προγραμματισμού.

Συγκριτική Ανάλυση και Κριτική Αξιολόγηση Μεθόδων Χρονοπρογραμματισμού

Η εξέλιξη των μεθόδων χρονοπρογραμματισμού δεν αποτελεί απλώς μια γραμμική βελτίωση εργαλείων, αλλά αντικατοπτρίζει μια βαθύτερη μεταβολή στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τη φύση των κατασκευαστικών έργων. Από στατικά και προβλέψιμα συστήματα, τα έργα αντιμετωπίζονται πλέον ως δυναμικά και στοχαστικά συστήματα, στα οποία η αβεβαιότητα και η μεταβλητότητα αποτελούν εγγενή χαρακτηριστικά.

Στο πλαίσιο αυτό, η συγκριτική αξιολόγηση των βασικών μεθόδων χρονοπρογραμματισμού αναδεικνύει ότι κάθε προσέγγιση εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες και επίπεδα ανάλυσης. Τα διαγράμματα Gantt, για παράδειγμα, διατηρούν τη σημασία τους ως εργαλεία επικοινωνίας και οπτικοποίησης, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα όπου απαιτείται η απλή και άμεση κατανόηση της προόδου. Ωστόσο, η περιορισμένη αναλυτική τους ικανότητα καθιστά αναγκαία τη συμπληρωματική χρήση πιο σύνθετων μεθόδων.

Η μέθοδος CPM προσφέρει ένα πιο αυστηρό και μαθηματικά τεκμηριωμένο πλαίσιο, επιτρέποντας τη συστηματική ανάλυση της δομής του έργου. Η έννοια της κρίσιμης διαδρομής αποτελεί θεμελιώδη συμβολή, καθώς μετατοπίζει την προσοχή από το σύνολο των δραστηριοτήτων σε εκείνες που καθορίζουν τη συνολική διάρκεια. Ωστόσο, η υπόθεση σταθερών διαρκειών περιορίζει την ικανότητά της να ανταποκριθεί στις πραγματικές συνθήκες των έργων, όπου η παραγωγικότητα και οι εξωτερικοί παράγοντες μεταβάλλονται συνεχώς.

Η PERT επιχειρεί να γεφυρώσει αυτό το κενό, εισάγοντας την έννοια της αβεβαιότητας μέσω πιθανοκρατικών εκτιμήσεων. Παρότι αποτελεί σημαντική πρόοδο, η πρακτική εφαρμογή της συχνά περιορίζεται από τη δυσκολία εκτίμησης αξιόπιστων κατανομών και από τις απλοποιητικές παραδοχές που υιοθετεί. Επιπλέον,

η εστίασή της σε μέσες τιμές μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά συμπεράσματα σε περιβάλλοντα υψηλής μεταβλητότητας.

Η εισαγωγή της προσομοίωσης Monte Carlo σηματοδοτεί μια ουσιαστική μετάβαση προς πιο ρεαλιστικά μοντέλα. Η δυνατότητα παραγωγής πλήρους κατανομής πιθανών αποτελεσμάτων επιτρέπει την εκτίμηση όχι μόνο της αναμενόμενης διάρκειας, αλλά και της διακύμανσης και του κινδύνου. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπου οι αποκλίσεις μπορούν να έχουν σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις.

Η χρήση στοχαστικών μοντέλων οδηγεί επίσης σε μια πιο σύνθετη κατανόηση της έννοιας της κρίσιμης διαδρομής. Αντί για μια μοναδική διαδρομή, προκύπτει ένα σύνολο πιθανών κρίσιμων διαδρομών, των οποίων η σημασία μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες. Η προσέγγιση αυτή απαιτεί διαφορετική διαχειριστική φιλοσοφία, η οποία εστιάζει στη διαχείριση κινδύνου και όχι μόνο στον έλεγχο της διάρκειας.

Τα fuzzy μοντέλα, από την άλλη πλευρά, προσφέρουν μια εναλλακτική προσέγγιση, η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιβάλλοντα όπου η ποσοτική πληροφόρηση είναι περιορισμένη. Η δυνατότητα ενσωμάτωσης της εμπειρικής γνώσης των ειδικών σε μαθηματικά μοντέλα αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, αν και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να παρουσιάζει δυσκολίες.

Η σύγχρονη τάση προς υβριδικά μοντέλα συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των παραπάνω προσεγγίσεων, δημιουργώντας πιο ολοκληρωμένα πλαίσια ανάλυσης. Η ενσωμάτωση δεδομένων παραγωγικότητας, πραγματικών συνθηκών εργοταξίου και ψηφιακών εργαλείων οδηγεί στη δημιουργία μοντέλων που δεν είναι πλέον στατικά, αλλά εξελίσσονται μαζί με το έργο.

Σύνδεση Χρονοπρογραμματισμού με Παραγωγικότητα και Πραγματικές Συνθήκες

Ένα από τα βασικά ζητήματα που αναδεικνύονται στη σύγχρονη βιβλιογραφία είναι η περιορισμένη ενσωμάτωση της παραγωγικότητας στα παραδοσιακά μοντέλα χρονοπρογραμματισμού. Οι περισσότερες μέθοδοι βασίζονται σε προκαθορισμένες διάρκειες, οι οποίες δεν αντανακλούν τη μεταβλητότητα της πραγματικής απόδοσης των συνεργείων.

Η παραγωγικότητα επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων, όπως:

- η εμπειρία και η εξειδίκευση του προσωπικού,
- η οργάνωση του εργοταξίου,
- οι καιρικές συνθήκες,
- η διαθεσιμότητα υλικών,
- οι διακοπές και οι αλλαγές στον σχεδιασμό.

Η μη ενσωμάτωση αυτών των παραμέτρων οδηγεί συχνά σε υπεραισιόδοξα χρονοδιαγράμματα, τα οποία δεν μπορούν να υλοποιηθούν στην πράξη. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί μία από τις βασικές αιτίες καθυστερήσεων στα κατασκευαστικά έργα.

Η σύγχρονη έρευνα προτείνει τη χρήση δεδομένων από πραγματικά έργα για τη βαθμονόμηση των μοντέλων, καθώς και την ανάπτυξη δυναμικών συστημάτων που ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται άμεσα με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων και τεχνολογιών, όπως τα συστήματα BIM και τα ψηφιακά δίδυμα.

Περιορισμοί των Παραδοσιακών Μεθόδων και Ανάγκη Μετάβασης

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί, οι παραδοσιακές μέθοδοι χρονοπρογραμματισμού εξακολουθούν να παρουσιάζουν περιορισμούς, ιδιαίτερα σε έργα μεγάλης κλίμακας. Οι βασικοί περιορισμοί περιλαμβάνουν:

- την αδυναμία πλήρους ενσωμάτωσης της αβεβαιότητας,
- την περιορισμένη σύνδεση με την παραγωγικότητα,
- την έλλειψη δυναμικής προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες συνθήκες,
- την εξάρτηση από υποκειμενικές εκτιμήσεις.

Οι περιορισμοί αυτοί καθιστούν αναγκαία τη μετάβαση προς πιο ολοκληρωμένα και εύελικτα συστήματα προγραμματισμού. Η μετάβαση αυτή δεν αφορά μόνο την υιοθέτηση νέων εργαλείων, αλλά και την αλλαγή της διαχειριστικής φιλοσοφίας, από τον στατικό σχεδιασμό προς τη συνεχή παρακολούθηση και προσαρμογή.

Μελλοντικές Κατευθύνσεις και Ρόλος Τεχνητής Νοημοσύνης

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές εξελίξεις στον τομέα του χρονοπρογραμματισμού. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων και την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία μπορούν να προσαρμόζονται στις πραγματικές συνθήκες.

Η χρήση αλγορίθμων μάθησης επιτρέπει:

- την πρόβλεψη διαρκειών δραστηριοτήτων με βάση ιστορικά δεδομένα,
- την αναγνώριση προτύπων καθυστερήσεων,
- τη βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων,
- τη συνεχή βελτίωση των μοντέλων.

Ωστόσο, η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών συνοδεύεται από προκλήσεις, όπως η ανάγκη για αξιόπιστα δεδομένα και η απαίτηση για ερμηνευσιμότητα των αποτελεσμάτων. Η αποδοχή τους στην επαγγελματική πρακτική εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα ενσωμάτωσής τους σε υφιστάμενα συστήματα και διαδικασίες.

Συνολικά, η εξέλιξη των μεθόδων χρονοπρογραμματισμού αντικατοπτρίζει τη μετάβαση της διοίκησης έργων προς πιο σύνθετα, δυναμικά και δεδομενοκεντρικά μοντέλα. Η κατανόηση των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών κάθε μεθόδου αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιλογή της κατάλληλης προσέγγισης, ιδιαίτερα σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπου οι επιπτώσεις των αποφάσεων είναι σημαντικές και πολυδιάστατες.

2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας, Βελτιστοποίηση και Προγραμματισμός Βασισμένος στον Κίνδυνο σε Κατασκευαστικά Έργα Μεγάλης Κλίμακας

Η διαχείριση κατασκευαστικών έργων μεγάλης κλίμακας δεν μπορεί να βασιστεί αποκλειστικά σε στατικά και ντετερμινιστικά μοντέλα σχεδιασμού, καθώς η πραγματική πορεία ενός έργου επηρεάζεται από πλήθος μεταβλητών, οι οποίες μεταβάλλονται διαρκώς κατά τη διάρκεια υλοποίησης. Η διάρκεια των

δραστηριοτήτων, η διαθεσιμότητα και η απόδοση των συνεργείων, οι διακυμάνσεις στις τιμές των υλικών, οι αλλαγές στις τεχνικές προδιαγραφές, οι καιρικές συνθήκες, οι καθυστερήσεις εγκρίσεων και οι χρηματοοικονομικοί περιορισμοί συνιστούν ένα περιβάλλον υψηλής μεταβλητότητας. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η ανάλυση ευαισθησίας, η βελτιστοποίηση και ο προγραμματισμός βασισμένος στον κίνδυνο αποκτούν κεντρική σημασία, καθώς επιτρέπουν τη μετάβαση από έναν συμβατικό τρόπο προγραμματισμού, ο οποίος στηρίζεται κυρίως σε μοναδικές τιμές και σταθερές παραδοχές, σε ένα πιο σύνθετο και ρεαλιστικό πλαίσιο λήψης αποφάσεων.

Η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί ένα από τα βασικότερα εργαλεία κατανόησης της συμπεριφοράς ενός έργου υπό μεταβολές κρίσιμων παραμέτρων. Σκοπός της δεν είναι απλώς να δείξει ότι μια αλλαγή σε μία μεταβλητή μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα, αλλά να εκτιμήσει ποσοτικά τον βαθμό και την κατεύθυνση της επίδρασης αυτής. Με άλλα λόγια, η ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει στον μελετητή και στον διαχειριστή του έργου να απαντήσουν στο ερώτημα ποιοι παράγοντες είναι πραγματικά κρίσιμοι και ποιοι έχουν μικρότερη σημασία στη συνολική απόδοση του συστήματος. Σε έργα μεγάλης κλίμακας, η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η πολυπλοκότητα και ο μεγάλος αριθμός αλληλεπιδρώντων μεταβλητών καθιστούν δύσκολη την εμπειρική εκτίμηση των κρίσιμων σημείων του σχεδιασμού.

Σε θεωρητικό επίπεδο, η ανάλυση ευαισθησίας συνδέεται στενά με την έννοια της ελαστικότητας, δηλαδή της απόκρισης ενός αποτελέσματος σε μεταβολές των εισροών. Στη διοίκηση έργων, το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να είναι η συνολική διάρκεια, το συνολικό κόστος, η καθαρή παρούσα αξία, η πιθανότητα καθυστέρησης ή η πιθανότητα υπέρβασης του προϋπολογισμού. Οι εισροές, αντίστοιχα, μπορεί να είναι οι διάρκειες δραστηριοτήτων, οι ρυθμοί παραγωγικότητας, οι τιμές υλικών, η απόδοση συνεργείων, η ένταση της επίβλεψης, ο αριθμός των διαθέσιμων πόρων ή ακόμη και θεσμικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες. Η αξία της μεθόδου έγκειται στο ότι επιτρέπει τη συστηματική διερεύνηση της συμπεριφοράς του έργου, υποκαθιστώντας σε μεγάλο βαθμό τις γενικές και συχνά διαισθητικές κρίσεις με πιο τεκμηριωμένες αξιολογήσεις.

Η απλούστερη μορφή ανάλυσης ευαισθησίας είναι η μονοπαραμετρική ανάλυση, κατά την οποία μεταβάλλεται μία μεταβλητή κάθε φορά, ενώ οι υπόλοιπες θεωρούνται σταθερές. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα πρώιμα στάδια

ανάλυσης, καθώς επιτρέπει τον γρήγορο εντοπισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν δυσανάλογα το τελικό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, αν μια δραστηριότητα της κρίσιμης διαδρομής παρουσιάζει αύξηση διάρκειας κατά 10% και η συνολική διάρκεια του έργου αυξάνεται σημαντικά, τότε γίνεται σαφές ότι η συγκεκριμένη δραστηριότητα απαιτεί αυξημένη διαχειριστική προσοχή. Αντίστοιχα, αν μια μεταβολή στην τιμή ενός βασικού υλικού, όπως το σκυρόδεμα ή ο χάλυβας, επηρεάζει σημαντικά το συνολικό κόστος, η κατηγορία αυτή αναδεικνύεται ως βασικός παράγοντας οικονομικού κινδύνου.

Ωστόσο, η μονοπαραμετρική προσέγγιση παρουσιάζει και ουσιώδεις περιορισμούς. Στην πραγματικότητα, οι μεταβλητές ενός έργου δεν μεταβάλλονται απομονωμένα, αλλά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η αύξηση του χρόνου εκτέλεσης μιας δραστηριότητας μπορεί να συνδέεται με μείωση της παραγωγικότητας, με αύξηση του κόστους εργασίας, με καθυστερήσεις στις παραδόσεις υλικών και με μεταβολή της αλληλουχίας άλλων δραστηριοτήτων. Κατά συνέπεια, η ανάλυση μίας μεταβλητής κάθε φορά δεν επαρκεί για την αποτύπωση της πραγματικής δυναμικής του έργου. Για τον λόγο αυτό, η σύγχρονη βιβλιογραφία και πρακτική στρέφονται ολοένα περισσότερο προς πολυπαραμετρικές μορφές ανάλυσης, όπου εξετάζονται ταυτόχρονες μεταβολές περισσότερων παραμέτρων, καθώς και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.

Η πολυπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει τη διερεύνηση σύνθετων σεναρίων, τα οποία αντανakλούν πιο ρεαλιστικά το περιβάλλον των έργων μεγάλης κλίμακας. Σε ένα τέτοιο σενάριο, για παράδειγμα, μπορεί να εξεταστεί ταυτόχρονα η μείωση της παραγωγικότητας, η αύξηση του κόστους υλικών και η καθυστέρηση παραλαβής κρίσιμου εξοπλισμού. Η προσέγγιση αυτή δεν προσφέρει απλώς περισσότερες πληροφορίες, αλλά μεταφέρει τη συζήτηση από το επίπεδο της μεμονωμένης επίδρασης στο επίπεδο της συμπεριφοράς του συνολικού συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο, η ανάλυση ευαισθησίας μετατρέπεται σε εργαλείο στρατηγικής αξιολόγησης και όχι μόνο σε τεχνική βοηθητική διαδικασία.

Στο πεδίο του χρονοπρογραμματισμού, η ανάλυση ευαισθησίας αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς η συνολική διάρκεια ενός έργου δεν εξαρτάται μόνο από τη μέση διάρκεια των δραστηριοτήτων, αλλά και από τη δομή του δικτύου, τα χρονικά αποθέματα, τις σχέσεις εξάρτησης και τη δυναμική μεταβολή της κρίσιμης διαδρομής. Σε ένα ντετερμινιστικό δίκτυο CPM, η κρίσιμη διαδρομή εμφανίζεται ως

μία μοναδική και σαφώς ορισμένη αλληλουχία δραστηριοτήτων. Στην πραγματικότητα, όμως, όταν ενσωματώνεται η αβεβαιότητα, η κρίσιμη διαδρομή δεν είναι πάντα σταθερή. Διαφορετικά σενάρια μεταβολής των διαρκειών μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετικές κρίσιμες διαδρομές, μεταβάλλοντας τη σχετική σημασία δραστηριοτήτων που, στο βασικό σενάριο, δεν φαίνονται ιδιαίτερα κρίσιμες. Η έννοια της πιθανότητας κρίσιμότητας, δηλαδή της πιθανότητας μια δραστηριότητα να καταστεί κρίσιμη σε κάποιο ποσοστό των πιθανών σεναρίων, αποτελεί σημαντική επέκταση της κλασικής λογικής του χρονοπρογραμματισμού.

Στην οικονομική διάσταση, η ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιείται για να αποτιμήσει πόσο ανθεκτικό είναι ένα έργο σε μεταβολές βασικών οικονομικών παραμέτρων. Η αύξηση της τιμής συγκεκριμένων υλικών, οι μεταβολές στο κόστος εργασίας, οι αλλαγές στο επιτόκιο προεξόφλησης, οι καθυστερήσεις που μεταβάλλουν τη χρονική κατανομή των χρηματοροών ή ακόμη και η μεταβολή των όρων χρηματοδότησης μπορούν να επηρεάσουν ουσιαστικά τη χρηματοοικονομική βιωσιμότητα ενός έργου. Στα έργα μεγάλης κλίμακας, όπου οι χρηματοδοτικές ανάγκες είναι ιδιαίτερα αυξημένες, ακόμη και μικρές αποκλίσεις μπορεί να δημιουργήσουν σημαντικές επιπτώσεις στη ρευστότητα ή στην απόδοση της επένδυσης. Ως εκ τούτου, η ανάλυση ευαισθησίας λειτουργεί ως μηχανισμός έγκαιρης προειδοποίησης για τις ζώνες οικονομικής ευπάθειας του έργου.

Η βελτιστοποίηση έρχεται να συμπληρώσει την ανάλυση ευαισθησίας, μεταφέροντας το ενδιαφέρον από την κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος στην αναζήτηση καλύτερων λύσεων. Στην πιο γενική της μορφή, η βελτιστοποίηση αφορά την επιλογή της λύσης που επιτυγχάνει τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό επιδόσεων, υπό δεδομένους περιορισμούς. Στη διοίκηση έργων, η βελτιστοποίηση διατυπώνεται συχνά ως πρόβλημα ελαχιστοποίησης της διάρκειας, ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους ή μεγιστοποίησης της οικονομικής απόδοσης. Στην πράξη, όμως, τα προβλήματα είναι συνήθως πολυκριτηριακά και περιλαμβάνουν αντικρουόμενους στόχους.

Η πιο χαρακτηριστική μορφή τέτοιας σύγκρουσης είναι η ανταλλαγή χρόνου–κόστους. Η μείωση της διάρκειας ενός έργου μπορεί να επιτευχθεί μέσω αύξησης των συνεργειών, εισαγωγής υπερωριών, χρήσης πιο αποδοτικού εξοπλισμού ή παράλληλης εκτέλεσης δραστηριοτήτων. Κάθε μία από αυτές τις επιλογές, όμως, έχει οικονομικό κόστος. Αντίστροφα, η επιλογή οικονομικότερων λύσεων μπορεί να

οδηγήσει σε μεγαλύτερη διάρκεια, άρα σε αύξηση έμμεσων δαπανών και σε πιθανές καθυστερήσεις έναντι συμβατικών δεσμεύσεων. Συνεπώς, η βελτιστοποίηση σε έργα δεν αναζητά απλώς τη φθηνότερη ή την ταχύτερη λύση, αλλά τον καταλληλότερο συμβιβασμό μεταξύ ανταγωνιστικών στόχων.

Η έννοια της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης είναι ιδιαίτερα σημαντική στα έργα μεγάλης κλίμακας. Εκτός από τον χρόνο και το κόστος, οι διαχειριστές καλούνται να λάβουν υπόψη την ποιότητα, την ασφάλεια, τη βιωσιμότητα, τον κίνδυνο, τη διαθεσιμότητα πόρων και τη συμβατική αξιοπιστία. Σε αυτό το πλαίσιο, η λύση δεν είναι πλέον μία μοναδική «βέλτιστη» επιλογή, αλλά ένα σύνολο λύσεων κατά Pareto, δηλαδή λύσεων στις οποίες η βελτίωση ενός κριτηρίου προϋποθέτει επιδείνωση κάποιου άλλου. Η προσέγγιση αυτή είναι πιο ρεαλιστική, διότι αντανακλά τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται πραγματικές αποφάσεις στη διοίκηση έργων: όχι ως μαθηματικά άριστες απαντήσεις, αλλά ως σταθμίσεις μεταξύ εναλλακτικών προτεραιοτήτων.

Εκτός από την κλασική βελτιστοποίηση, η σύγχρονη βιβλιογραφία αναδεικνύει τη σημασία της στοχαστικής και της ανθεκτικής βελτιστοποίησης. Στην πρώτη περίπτωση, το πρόβλημα διατυπώνεται με ρητή ενσωμάτωση της αβεβαιότητας, έτσι ώστε η επιλεγμένη λύση να είναι καλή όχι μόνο για ένα βασικό σενάριο, αλλά για ένα φάσμα πιθανών εξελίξεων. Στη δεύτερη περίπτωση, το ενδιαφέρον εστιάζεται στην ανθεκτικότητα της λύσης, δηλαδή στην ικανότητά της να διατηρεί αποδεκτή απόδοση όταν οι πραγματικές συνθήκες αποκλίνουν από τις αρχικές παραδοχές. Η έννοια της ανθεκτικότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική στα έργα μεγάλης κλίμακας, επειδή η διάρκεια και η πολυπλοκότητα αυτών των έργων αυξάνουν σημαντικά την πιθανότητα απρόβλεπτων μεταβολών.

Στο σημείο αυτό εντάσσεται και ο προγραμματισμός βασισμένος στον κίνδυνο. Η προσέγγιση αυτή διαφοροποιείται από τις παραδοσιακές πρακτικές, διότι δεν αντιμετωπίζει τον κίνδυνο ως εξωτερικό ή δευτερεύον στοιχείο, αλλά ως ενσωματωμένο μέρος του χρονοδιαγράμματος και του οικονομικού σχεδιασμού. Ο risk-based scheduling βασίζεται στην ταυτοποίηση των βασικών πηγών κινδύνου, στην ποσοτικοποίησή τους και στην ενσωμάτωσή τους στα μοντέλα προγραμματισμού. Αυτό σημαίνει ότι οι διάρκειες, τα κόστη, τα χρονικά αποθέματα και οι εναλλακτικές στρατηγικές κατανομής πόρων δεν αντιμετωπίζονται ως

δεδομένα, αλλά ως μεταβλητές που συνδέονται με πιθανές διαταραχές και αβεβαιότητες.

Η πρακτική αξία αυτής της προσέγγισης είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Αντί ο προγραμματισμός να βασίζεται σε ένα θεωρητικά «καθαρό» χρονοδιάγραμμα, το οποίο καταρρέει με την πρώτη σοβαρή απόκλιση, αναπτύσσονται χρονοδιαγράμματα που διαθέτουν μεγαλύτερη ελαστικότητα και δυνατότητα απορρόφησης διαταραχών. Η εισαγωγή χρονικών αποθεμάτων, η πρόβλεψη εναλλακτικών ακολουθιών, η προληπτική ενίσχυση συγκεκριμένων πόρων και η επιλογή πιο ανθεκτικών λύσεων αποτελούν μορφές πρακτικής εφαρμογής της λογικής αυτής.

Ιδιαίτερη σημασία έχει και η χρήση υπολογιστικών εργαλείων για την υποστήριξη της ανάλυσης ευαισθησίας και της βελτιστοποίησης. Η εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων και των ψηφιακών περιβαλλόντων επιτρέπει τη γρήγορη επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων και την εκτέλεση πολλαπλών σεναρίων. Η χρήση προσομοιώσεων Monte Carlo, εξελικτικών αλγορίθμων, γενετικών αλγορίθμων και τεχνικών μηχανικής μάθησης έχει ενισχύσει σημαντικά τις δυνατότητες ανάλυσης. Μέσω αυτών των εργαλείων, οι διαχειριστές έργων μπορούν να αξιολογούν όχι μόνο την απόδοση ενός βασικού σχεδίου, αλλά και τη συμπεριφορά του έργου υπό πλήθος εναλλακτικών εξελίξεων.

Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση προσθέτουν ένα ακόμη επίπεδο δυνατοτήτων, καθώς επιτρέπουν την εξαγωγή γνώσης από ιστορικά δεδομένα έργων, την πρόβλεψη διαρκειών και αποκλίσεων και τη συνεχή προσαρμογή των μοντέλων. Η αξία αυτών των τεχνολογιών βρίσκεται στην ικανότητά τους να εντοπίζουν πρότυπα τα οποία δεν είναι εύκολα αντιληπτά με συμβατικές μεθόδους. Παράλληλα, όμως, δημιουργούν νέες απαιτήσεις, όπως η ανάγκη για αξιόπιστα δεδομένα, η διασφάλιση διαφάνειας στα αποτελέσματα και η ερμηνευσιμότητα των προτάσεων που παράγονται.

Συνολικά, η ανάλυση ευαισθησίας, η βελτιστοποίηση και ο προγραμματισμός βασισμένος στον κίνδυνο δεν αποτελούν αποσπασματικές τεχνικές, αλλά αλληλοσυμπληρούμενα στοιχεία ενός πιο ώριμου και ανθεκτικού πλαισίου διοίκησης έργων. Η ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει την αναγνώριση των κρίσιμων παραμέτρων. Η βελτιστοποίηση επιδιώκει τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό επιδόσεων. Ο χρονικός προγραμματισμός με βάση την ανάλυση κινδύνων ενσωματώνει την αβεβαιότητα στο ίδιο το μοντέλο προγραμματισμού. Μαζί, οι

προσεγγίσεις αυτές επιτρέπουν την ανάπτυξη πιο ρεαλιστικών, ευέλικτων και αποτελεσματικών στρατηγικών σχεδιασμού και ελέγχου, οι οποίες ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες των έργων μεγάλης κλίμακας.

Με βάση τα παραπάνω, καθίσταται σαφές ότι η σύγχρονη διοίκηση έργων δεν μπορεί να στηρίζεται αποκλειστικά σε στατικές παραδοχές και απλουστευμένα χρονοδιαγράμματα. Αντίθετα, απαιτεί μεθόδους που μπορούν να αναγνωρίζουν, να αναλύουν και να ενσωματώνουν τη μεταβλητότητα, τον κίνδυνο και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ χρόνου, κόστους και παραγωγικότητας. Η θεωρητική αυτή βάση αποκτά ιδιαίτερη σημασία για την παρούσα εργασία, καθώς προετοιμάζει το έδαφος για τη μελέτη περίπτωσης και για την εφαρμογή αναλύσεων ευαισθησίας και σεναρίων στα επόμενα κεφάλαια.

Κριτική Αποτίμηση της Ανάλυσης Ευαισθησίας και Σύνδεση με την Πρακτική Διοίκηση Έργων

Παρά τη σημαντική θεωρητική και μεθοδολογική εξέλιξη της ανάλυσης ευαισθησίας και των σχετικών εργαλείων βελτιστοποίησης, η εφαρμογή τους στην πράξη παρουσιάζει συχνά αποκλίσεις από το ιδανικό θεωρητικό πλαίσιο. Η απόσταση αυτή μεταξύ θεωρίας και εφαρμογής αποτελεί ένα από τα βασικά ζητήματα που απασχολούν τόσο τη βιβλιογραφία όσο και τους επαγγελματίες του κατασκευαστικού κλάδου.

Ένα από τα κύρια προβλήματα αφορά την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων. Οι περισσότερες αναλύσεις ευαισθησίας βασίζονται σε παραμέτρους που είτε προκύπτουν από ιστορικά δεδομένα είτε εκτιμώνται από ειδικούς. Ωστόσο, στα κατασκευαστικά έργα μεγάλης κλίμακας, τα δεδομένα αυτά συχνά δεν είναι πλήρη, δεν είναι ομοιογενή ή δεν είναι επαρκώς αξιόπιστα. Η έλλειψη τυποποίησης στην καταγραφή της παραγωγικότητας, των καθυστερήσεων και των αποκλίσεων κόστους περιορίζει τη δυνατότητα ανάπτυξης ακριβών μοντέλων. Ως αποτέλεσμα, οι αναλύσεις ευαισθησίας μπορεί να βασίζονται σε παραδοχές που δεν αντανακλούν πλήρως την πραγματικότητα του έργου.

Ένα δεύτερο κρίσιμο ζήτημα σχετίζεται με την πολυπλοκότητα των μοντέλων. Αν και τα εξελιγμένα στοχαστικά και πολυπαραμετρικά μοντέλα προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια, η εφαρμογή τους στην πράξη συχνά περιορίζεται από την

ανάγκη για απλότητα και ταχύτητα στη λήψη αποφάσεων. Οι διαχειριστές έργων λειτουργούν σε περιβάλλοντα υψηλής πίεσης, όπου οι αποφάσεις πρέπει να λαμβάνονται γρήγορα και με περιορισμένη πληροφορία. Σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση πολύπλοκων μοντέλων μπορεί να είναι πρακτικά δύσκολη, ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχει επαρκής υποστήριξη από εξειδικευμένα εργαλεία ή κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό.

Παράλληλα, παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπεραπλούστευσης των αναλύσεων ευαισθησίας. Σε πολλές περιπτώσεις, η ανάλυση περιορίζεται σε ένα μικρό αριθμό σεναρίων (π.χ. βέλτιστο, μέσο και δυσμενές), χωρίς να εξετάζεται επαρκώς το πλήρες εύρος πιθανών εξελίξεων. Η πρακτική αυτή μπορεί να δημιουργήσει μια ψευδή αίσθηση ασφάλειας, καθώς αγνοεί σπάνια αλλά κρίσιμα γεγονότα, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την πορεία του έργου.

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα αφορά τη σύνδεση της ανάλυσης ευαισθησίας με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Αν και η ανάλυση μπορεί να εντοπίσει κρίσιμες παραμέτρους, δεν είναι πάντα σαφές πώς τα αποτελέσματα αυτά μεταφράζονται σε συγκεκριμένες διαχειριστικές ενέργειες. Για παράδειγμα, η αναγνώριση μιας δραστηριότητας ως ιδιαίτερα ευαίσθητης δεν συνεπάγεται αυτόματα και τη βέλτιστη στρατηγική διαχείρισής της. Απαιτείται περαιτέρω ανάλυση, η οποία να λαμβάνει υπόψη περιορισμούς πόρων, συμβατικές υποχρεώσεις και οργανωσιακές δυνατότητες.

Η ενσωμάτωση της ανάλυσης ευαισθησίας στη διαδικασία διοίκησης έργων απαιτεί, συνεπώς, μια πιο ολιστική προσέγγιση. Η ανάλυση δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα μεμονωμένο εργαλείο, αλλά ως μέρος ενός ευρύτερου πλαισίου λήψης αποφάσεων, το οποίο συνδυάζει τεχνικές, οικονομικές και οργανωσιακές παραμέτρους.

Σύνδεση Ανάλυσης Ευαισθησίας, Βελτιστοποίησης και Πραγματικών Συνθηκών Έργου

Η πρακτική εφαρμογή των εννοιών της ανάλυσης ευαισθησίας και της βελτιστοποίησης καθίσταται ιδιαίτερα εμφανής όταν εξετάζονται πραγματικές συνθήκες εργοταξίου. Σε αντίθεση με τα θεωρητικά μοντέλα, τα οποία συχνά

βασίζονται σε σταθερές παραδοχές, το πραγματικό περιβάλλον ενός έργου χαρακτηρίζεται από συνεχείς μεταβολές και αβεβαιότητες.

Για παράδειγμα, η παραγωγικότητα των συνεργείων δεν αποτελεί σταθερή παράμετρο, αλλά μεταβάλλεται δυναμικά ανάλογα με:

- τη σύνθεση και την εμπειρία του προσωπικού,
- την ποιότητα της επίβλεψης,
- τις συνθήκες εργασίας,
- την αλληλεπίδραση με άλλες δραστηριότητες,
- τη διαθεσιμότητα εξοπλισμού και υλικών.

Η μεταβλητότητα αυτή δημιουργεί σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ προγραμματισμένων και πραγματικών διαρκειών, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συνεχή επικαιροποίηση των μοντέλων. Η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο εντοπισμού των δραστηριοτήτων που επηρεάζονται περισσότερο από τέτοιες μεταβολές, επιτρέποντας την ιεράρχηση των παρεμβάσεων.

Αντίστοιχα, η βελτιστοποίηση στην πράξη δεν αφορά μόνο την επιλογή της “καλύτερης” λύσης σε ένα θεωρητικό μοντέλο, αλλά τη συνεχή προσαρμογή του σχεδιασμού στις πραγματικές συνθήκες. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε ένα έργο είναι συχνά αποτέλεσμα συμβιβασμών, οι οποίοι επηρεάζονται από περιορισμούς όπως:

- η διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού,
- οι συμβατικές δεσμεύσεις,
- οι χρηματοδοτικές ροές,
- οι τεχνικοί περιορισμοί του έργου.

Στο πλαίσιο αυτό, η έννοια της βέλτιστης λύσης αποκτά δυναμικό χαρακτήρα. Αντί για μία στατική επιλογή, η βέλτιστη στρατηγική μεταβάλλεται ανάλογα με την εξέλιξη του έργου και τις νέες πληροφορίες που προκύπτουν.

Ενσωμάτωση των Μεθόδων σε Σύγχρονα Περιβάλλοντα Διοίκησης Έργων

Η ανάπτυξη ψηφιακών εργαλείων και πληροφοριακών συστημάτων έχει ενισχύσει σημαντικά τη δυνατότητα εφαρμογής των μεθόδων ανάλυσης ευαισθησίας και βελτιστοποίησης. Τα σύγχρονα λογισμικά διαχείρισης έργων επιτρέπουν τη δημιουργία δυναμικών μοντέλων, τα οποία μπορούν να ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο με βάση την πρόοδο του έργου.

Η ενσωμάτωση των δεδομένων από το εργοτάξιο, σε συνδυασμό με τη χρήση τεχνικών προσομοίωσης και ανάλυσης, επιτρέπει:

- την έγκαιρη ανίχνευση αποκλίσεων,
- την αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων,
- τη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

Παράλληλα, η χρήση τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης δημιουργεί νέες δυνατότητες για την πρόβλεψη και τη βελτιστοποίηση. Η ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων από προηγούμενα έργα επιτρέπει την ανάπτυξη μοντέλων που μπορούν να εκτιμήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη διάρκεια και το κόστος δραστηριοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβλητότητα των συνθηκών.

Ωστόσο, η αξιοποίηση των τεχνολογιών αυτών απαιτεί την ύπαρξη κατάλληλων υποδομών, την εκπαίδευση του προσωπικού και την ανάπτυξη κουλτούρας βασισμένης στη χρήση δεδομένων. Η τεχνολογία από μόνη της δεν επαρκεί, εάν δεν ενσωματωθεί αποτελεσματικά στις διαδικασίες διοίκησης.

Συνολική Αποτίμηση

Η ανάλυση ευαισθησίας, η βελτιστοποίηση και ο προγραμματισμός βασισμένος στον κίνδυνο αποτελούν βασικούς πυλώνες της σύγχρονης διοίκησης κατασκευαστικών έργων. Παρά τις προκλήσεις που παρουσιάζουν στην εφαρμογή τους, η συμβολή τους στη βελτίωση της ακρίβειας των προβλέψεων και στη μείωση των αποκλίσεων είναι καθοριστική.

Η αποτελεσματική αξιοποίησή τους προϋποθέτει:

- τη διαθεσιμότητα αξιόπιστων δεδομένων,

- την επιλογή κατάλληλων μοντέλων,
- την ενσωμάτωσή τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων,
- τη συνεχή προσαρμογή στις πραγματικές συνθήκες του έργου.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, οι έννοιες αυτές αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας και την ανάλυση της μελέτης περίπτωσης που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια. Μέσα από την εφαρμογή τους σε πραγματικά δεδομένα, επιδιώκεται η αξιολόγηση της πρακτικής τους αξίας και η διερεύνηση της συμβολής τους στη βελτίωση του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

3.1 Ερευνητική Προσέγγιση και Πλαίσιο της Μελέτης

Η παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετεί μία συνδυαστική ερευνητική προσέγγιση, η οποία ενσωματώνει τόσο θεωρητικά όσο και εμπειρικά στοιχεία, με στόχο την ολοκληρωμένη κατανόηση του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού σε κατασκευαστικά έργα μεγάλης κλίμακας. Η επιλογή της συγκεκριμένης προσέγγισης κρίνεται αναγκαία, καθώς το αντικείμενο της μελέτης δεν περιορίζεται σε μία μόνο τεχνική ή οικονομική διάσταση, αλλά εκτείνεται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, στο οποίο αλληλεπιδρούν ο χρόνος, το κόστος, η παραγωγικότητα, η αβεβαιότητα και η διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η μελέτη στηρίζεται στην παραδοχή ότι ο χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός δεν αποτελεί μια απομονωμένη τεχνική διαδικασία, αλλά ένα δυναμικό σύστημα διαχείρισης, το οποίο επηρεάζεται από την τεχνική οργάνωση του έργου, τη διάρθρωση των πόρων, τις πραγματικές συνθήκες εκτέλεσης και τη διακύμανση κρίσιμων παραμέτρων. Για τον λόγο αυτό, η έρευνα δεν ακολουθεί αποκλειστικά θεωρητική ή αποκλειστικά ποσοτική κατεύθυνση, αλλά διαμορφώνεται ως μία σύνθετη διαδικασία ανάλυσης, ερμηνείας και εφαρμογής.

Σε πρώτο επίπεδο, η εργασία αναπτύσσει το θεωρητικό της υπόβαθρο μέσα από τη συστηματική μελέτη της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας. Η βιβλιογραφική διερεύνηση καλύπτει τη διοίκηση τεχνικών έργων, τις μεθόδους χρονοπρογραμματισμού, τις αρχές οικονομικού προγραμματισμού, την ανάλυση κινδύνου, την παραγωγικότητα των συνεργείων, καθώς και τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση έργων. Η θεωρητική αυτή επεξεργασία δεν έχει μόνο περιγραφικό χαρακτήρα, αλλά αξιοποιείται για τη διαμόρφωση του εννοιολογικού πλαισίου της μελέτης και για την ερμηνεία των δεδομένων που εξετάζονται στα επόμενα στάδια.

Σε δεύτερο επίπεδο, η μελέτη αποκτά εφαρμοσμένο χαρακτήρα μέσω της αξιοποίησης δεδομένων που σχετίζονται με συγκεκριμένο κτιριακό έργο μεγάλης κλίμακας. Η χρήση πραγματικών ή ρεαλιστικά προσαρμοσμένων στοιχείων επιτρέπει τη μετάβαση από το θεωρητικό επίπεδο στο επίπεδο της πρακτικής διερεύνησης. Η

προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση της χρησιμότητας των θεωρητικών μοντέλων σε πραγματικές συνθήκες, όπου οι αποφάσεις δεν λαμβάνονται σε ιδανικό περιβάλλον, αλλά υπό περιορισμούς και αβεβαιότητες.

Η ερευνητική στρατηγική της εργασίας στηρίζεται στη λογική της μελέτης περίπτωσης. Η επιλογή της μελέτης περίπτωσης ως βασικής μεθοδολογικής δομής δικαιολογείται από τη φύση του αντικειμένου, δεδομένου ότι ο χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός δεν μπορεί να αναλυθεί επαρκώς έξω από το πραγματικό πλαίσιο στο οποίο εφαρμόζεται. Ένα έργο μεγάλης κλίμακας περιλαμβάνει σύνθετες σχέσεις μεταξύ δραστηριοτήτων, πολλαπλές κατηγορίες κόστους, διαφορετικούς τύπους πόρων και αβεβαιότητες που δύσκολα αποτυπώνονται επαρκώς σε αμιγώς θεωρητικά σχήματα. Η μελέτη περίπτωσης, επομένως, επιτρέπει μια πιο ρεαλιστική και ουσιαστική ανάλυση.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται είναι κατά βάση αναλυτική και ερμηνευτική. Αναλυτική, διότι επιδιώκει να διασπάσει το αντικείμενο σε επιμέρους διαστάσεις, όπως ο χρόνος, το κόστος, η παραγωγικότητα και ο κίνδυνος, ώστε να κατανοηθεί η λειτουργία καθεμιάς ξεχωριστά. Ερμηνευτική, διότι δεν περιορίζεται στην περιγραφή των στοιχείων, αλλά επιδιώκει να διερευνήσει τις μεταξύ τους σχέσεις και τον τρόπο με τον οποίο αυτές επηρεάζουν τη συνολική συμπεριφορά του έργου.

Παράλληλα, η μελέτη αξιοποιεί στοιχεία ποσοτικής λογικής, στο μέτρο που εξετάζει αριθμητικά δεδομένα, προϋπολογισμούς, κατανομές κόστους, χρονικές διάρκειες και σενάρια μεταβολών. Η ποσοτική αυτή διάσταση είναι απαραίτητη, καθώς επιτρέπει την αποτίμηση της επίδρασης συγκεκριμένων παραμέτρων στο συνολικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, η εργασία δεν περιορίζεται σε μία καθαρά στατιστική ή μαθηματική ανάλυση, αλλά συνδυάζει τα ποσοτικά ευρήματα με ποιοτική ερμηνεία, προκειμένου να αποδώσει πληρέστερα την πολυπλοκότητα του έργου.

Η μελέτη οργανώνεται γύρω από έναν κεντρικό άξονα: τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι μεταβολές κρίσιμων παραμέτρων σχεδιασμού και εκτέλεσης επηρεάζουν τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό. Στο πλαίσιο αυτό, η έρευνα δεν αρκείται στην αποτύπωση ενός βασικού σεναρίου, αλλά προχωρά στη διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων και στην ανάλυση της ευαισθησίας του έργου απέναντι σε βασικούς παράγοντες αβεβαιότητας. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται

άμεσα με το θεωρητικό υπόβαθρο που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και επιτρέπει τη μετάφραση της θεωρητικής γνώσης σε πρακτική εφαρμογή.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται επίσης στη λογική της σταδιακής μεθοδολογικής ανάπτυξης. Η εργασία δεν μεταβαίνει απευθείας στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αλλά ακολουθεί διακριτά στάδια. Αρχικά, αποσαφηνίζεται το θεωρητικό πλαίσιο και το πεδίο της έρευνας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα δεδομένα του έργου και η δομή τους. Έπειτα, διαμορφώνεται το βασικό αναλυτικό μοντέλο, μέσα από το οποίο εξετάζεται η σχέση χρόνου και κόστους. Τέλος, αναπτύσσονται εναλλακτικά σενάρια και εφαρμόζονται τεχνικές ανάλυσης ευαισθησίας και αξιολόγησης, με στόχο τη διατύπωση τεκμηριωμένων συμπερασμάτων.

Η μεθοδολογία της μελέτης επιδιώκει επίσης να διατηρήσει ισορροπία μεταξύ ακαδημαϊκής αυστηρότητας και πρακτικής χρησιμότητας. Από τη μία πλευρά, απαιτείται σαφής θεωρητική θεμελίωση, συνεκτική δομή και λογική συνέπεια στην ανάλυση. Από την άλλη, επειδή το αντικείμενο αφορά πραγματικά τεχνικά έργα, η έρευνα οφείλει να παραμένει συνδεδεμένη με τις ανάγκες της επαγγελματικής πρακτικής. Για τον λόγο αυτό, δίνεται έμφαση στην παραγωγή ευρημάτων που δεν έχουν μόνο θεωρητική αξία, αλλά μπορούν να υποστηρίξουν και τη βελτίωση του σχεδιασμού και της διαχείρισης έργων στην πράξη.

Ένα ακόμη βασικό χαρακτηριστικό της μεθοδολογίας είναι ο συνδυασμός στατικού και δυναμικού τρόπου ανάλυσης. Η στατική διάσταση αποτυπώνει τη δομή του έργου σε μία δεδομένη χρονική στιγμή, μέσα από τον προϋπολογισμό, τη διάρθρωση του κόστους και το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Η δυναμική διάσταση, αντίθετα, εστιάζει στις μεταβολές που μπορεί να προκύψουν κατά την υλοποίηση, καθώς και στον τρόπο με τον οποίο αυτές επηρεάζουν το συνολικό αποτέλεσμα. Η διάκριση αυτή είναι κρίσιμη, καθώς επιτρέπει να φανεί ότι η επιτυχία ενός έργου δεν εξαρτάται μόνο από την ποιότητα του αρχικού σχεδιασμού, αλλά και από την ικανότητα διαχείρισης αποκλίσεων κατά την εκτέλεση.

Συνολικά, η ερευνητική προσέγγιση της παρούσας εργασίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως συνθετική, εφαρμοσμένη και προσανατολισμένη στην ανάλυση πραγματικών προβλημάτων διοίκησης έργων. Η θεωρία χρησιμοποιείται ως εργαλείο κατανόησης, τα δεδομένα ως μέσο τεκμηρίωσης και τα αναλυτικά σενάρια ως μέσο αξιολόγησης των επιπτώσεων κρίσιμων παραμέτρων. Με τον τρόπο αυτό,

διαμορφώνεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο που επιτρέπει τη σύνδεση μεταξύ θεωρίας, ανάλυσης και πρακτικής εφαρμογής.

Το παρόν κεφάλαιο, επομένως, δεν λειτουργεί μόνο ως περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθείται, αλλά και ως θεμέλιο για την αξιοπιστία της ίδιας της έρευνας. Η σαφής παρουσίαση της μεθοδολογίας είναι απαραίτητη, διότι επιτρέπει στον αναγνώστη να κατανοήσει τη λογική της μελέτης, να αξιολογήσει την εγκυρότητα των επιλογών και να παρακολουθήσει με συνοχή την πορεία από το θεωρητικό υπόβαθρο προς την εμπειρική ανάλυση και τα τελικά συμπεράσματα.

3.2 Δεδομένα της Μελέτης και Πηγές Πληροφόρησης

Η παρούσα μελέτη στηρίζεται στην αξιοποίηση πρωτογενών δεδομένων που προέρχονται από πραγματικό κτιριακό έργο μεγάλης κλίμακας, το οποίο αφορά την ανάπτυξη ξενοδοχειακού συγκροτήματος τύπου resort σε ελληνική νησιωτική περιοχή. Το έργο χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας, καθώς περιλαμβάνει συνδυασμό νέων κατασκευών και παρεμβάσεων σε υφιστάμενες υποδομές, καθώς και εκτεταμένες κοινόχρηστες εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν τη λειτουργία του τουριστικού προϊόντος. Συνολικά, το συγκρότημα περιλαμβάνει περίπου 250 δωμάτια, οργανωμένα σε διαφορετικούς τύπους (suites, premium, deluxe, comfort), γεγονός που συνεπάγεται διαφοροποίηση τόσο στις κατασκευαστικές απαιτήσεις όσο και στο επίπεδο κόστους και ποιότητας.

Η επιλογή του συγκεκριμένου έργου δεν είναι τυχαία, αλλά βασίζεται στην ανάγκη μελέτης ενός σύνθετου και ρεαλιστικού παραδείγματος, το οποίο να ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά των σύγχρονων κατασκευαστικών έργων μεγάλης κλίμακας. Επιπλέον, η νησιωτική τοποθεσία του έργου εισάγει πρόσθετους περιορισμούς και αβεβαιότητες, όπως ζητήματα μεταφοράς υλικών, διαθεσιμότητας εξειδικευμένου προσωπικού και εποχικότητας, τα οποία επηρεάζουν τόσο τον χρονικό όσο και τον οικονομικό προγραμματισμό.

Παρότι το έργο έχει ολοκληρωθεί, στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης εξετάζεται υπό την υπόθεση ότι βρίσκεται σε εξέλιξη. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη δυναμική διερεύνηση της συμπεριφοράς του έργου, καθώς και την ανάπτυξη εναλλακτικών σεναρίων και την εφαρμογή μεθόδων ανάλυσης ευαισθησίας. Με τον τρόπο αυτό, τα δεδομένα δεν χρησιμοποιούνται απλώς για περιγραφικούς σκοπούς, αλλά ως βάση

για τη δημιουργία ενός υπολογιστικού και αναλυτικού περιβάλλοντος λήψης αποφάσεων.

Κεντρικό στοιχείο των δεδομένων αποτελεί ο αναλυτικός αναθεωρημένος προϋπολογισμός του έργου, ο οποίος ανέρχεται σε 43.769.899,80 €. Ο προϋπολογισμός αυτός είναι δομημένος σε κατηγορίες κόστους, σύμφωνα με τυποποιημένο σύστημα ταξινόμησης, το οποίο επιτρέπει την αποσύνθεση του έργου σε επιμέρους οικονομικές ενότητες. Η ύπαρξη αυτής της δομής αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για την ανάλυση, καθώς επιτρέπει την αναγνώριση των βασικών συνιστωσών του κόστους και τη συγκριτική αξιολόγηση της σχετικής τους βαρύτητας.

Ο πλήρης πίνακας κόστους του έργου παρουσιάζεται παρακάτω:

Κωδικός	Περιγραφή	Αναθεωρημένος Προϋπολογισμός (Net)	% επί συνόλου
D-01	Design	1.755.000,00 €	4,01%
D-02	Existing Conditions	0,00 €	0,00%
D-03	Concrete	4.642.253,80 €	10,61%
D-04	Masonry	451.876,39 €	1,03%
D-05	Metals	560.981,00 €	1,28%
D-06	Wood, Plastics and Composites	1.122.552,60 €	2,56%
D-07	Thermal and Moisture Protection	1.805.958,17 €	4,13%
D-08	Openings	286.660,00 €	0,66%
D-09	Finishes	2.374.944,41 €	5,43%
D-10	Specialties	64.400,00 €	0,15%
D-11	Equipment	1.583.000,00 €	3,62%
D-12	Furnishings	556.229,53 €	1,27%
D-13	Special Construction	2.256.290,50 €	5,15%

Κωδικός	Περιγραφή	Αναθεωρημένος Προϋπολογισμός (Net)	% επί συνόλου
D-14	Conveying Equipment	137.000,00 €	0,31%
D-21	Fire Suppression	400.000,00 €	0,91%
D-22	Plumbing	1.326.872,00 €	3,03%
D-23	HVAC	3.370.000,00 €	7,70%
D-25	Integrated Automation	280.000,00 €	0,64%
D-26	Electrical	1.990.750,00 €	4,55%
D-27	Communications	250.000,00 €	0,57%
D-28	Electronic Safety and Security	230.000,00 €	0,53%
D-31	Earthwork	864.194,50 €	1,97%
D-32	Exterior Improvements	1.422.695,44 €	3,25%
D-46	Water and Wastewater Equipment	200.000,00 €	0,46%
D-50.1	New plot - one bedroom suites	1.112.066,84 €	2,54%
D-50.2	New plot - junior suites	1.873.261,79 €	4,28%
D-50.3	New plot - premium room	1.868.097,70 €	4,27%
D-51.1	Existing plot - one bedroom suites	1.230.084,16 €	2,81%
D-51.2	Existing plot - deluxe room	313.406,91 €	0,72%
D-51.3	Existing plot - comfort room	1.892.401,73 €	4,32%
D-52	Structural Reinforcements	1.900.000,00 €	4,34%
D-53	Logistics	800.000,00 €	1,83%
D-54	TUV Certification	20.000,00 €	0,05%
D-55	Construction Supervision	170.000,00 €	0,39%
D-56	CAR Insurance	100.000,00 €	0,23%

Κωδικός	Περιγραφή	Αναθεωρημένος Προϋπολογισμός (Net)	% επί συνόλου
D-57	Bank Expenses	50.000,00 €	0,11%
D-58	Post Construction Certification	100.000,00 €	0,23%
D-60	Contingency	2.408.922,34 €	5,50%
D-61	Development Fee	2.000.000,00 €	4,57%
Σύνολο		43.769.899,80 €	100,00%

Πίνακας 3.1- Ο πλήρης πίνακας κόστους του έργου

Η ανάλυση του πίνακα αναδεικνύει την ύπαρξη ισχυρής συγκέντρωσης κόστους σε συγκεκριμένες κατηγορίες, όπως το σκυρόδεμα, τα συστήματα HVAC, τα τελειώματα και οι ειδικές κατασκευές, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη βασικών παραγόντων κόστους (cost drivers). Η ύπαρξη κατηγοριών όπως contingency (απρόβλεπτα) και development fee (Αμοιβή Ανάπτυξης) υποδηλώνει επίσης την ανάγκη ενσωμάτωσης αβεβαιότητας και διαχειριστικών δαπανών στον συνολικό σχεδιασμό.

Παράλληλα με τα οικονομικά δεδομένα, ιδιαίτερη σημασία έχει το αναλυτικό χρονοδιάγραμμα του έργου, το οποίο έχει αναπτυχθεί σε περιβάλλον Microsoft Project. Το χρονοδιάγραμμα περιλαμβάνει πλήρη διάσπαση δραστηριοτήτων (Work Breakdown Structure), λογικές εξαρτήσεις και χρονικές αλληλουχίες, καλύπτοντας το σύνολο του κύκλου κατασκευής.

Η συνολική διάρκεια του έργου ανέρχεται περίπου σε 606 ημέρες, γεγονός που αντανakλά την κλίμακα και τη συνθετότητα των εργασιών. Η διάρθρωση του χρονοδιαγράμματος περιλαμβάνει βασικές φάσεις, όπως χωματουργικά, φέρων οργανισμός, κέλυφος, ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, τελειώματα και τελικές παραδόσεις.

Η λογική δομή του χρονοδιαγράμματος μπορεί να αποτυπωθεί ως εξής:

Project → Φάσεις → Υποφάσεις → Δραστηριότητες → Παραδοτέα

Η ύπαρξη αυτής της ιεραρχίας επιτρέπει τη συστηματική παρακολούθηση της προόδου και τη σύνδεση της χρονικής εξέλιξης με την κατανάλωση πόρων και τη δημιουργία κόστους.

Η συνδυαστική ανάλυση προϋπολογισμού και χρονοδιαγράμματος δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο μελέτης, στο οποίο ο χρόνος και το κόστος δεν εξετάζονται ανεξάρτητα, αλλά ως αλληλεξαρτώμενες μεταβλητές. Η χρονική τοποθέτηση των δραστηριοτήτων καθορίζει τη ροή των δαπανών, ενώ οι μεταβολές στο κόστος μπορούν να επηρεάσουν τη διάρκεια μέσω της διαθεσιμότητας πόρων.

Στο πλαίσιο αυτό, τα δεδομένα της μελέτης αξιοποιούνται για την ανάπτυξη αναλυτικών μοντέλων, την εφαρμογή ανάλυσης ευαισθησίας και τη διερεύνηση της επίδρασης κρίσιμων παραμέτρων. Η προσέγγιση που ακολουθείται μετατρέπει τα δεδομένα από στατικά στοιχεία σε δυναμικό σύστημα ανάλυσης, επιτρέποντας την κατανόηση της συμπεριφοράς του έργου υπό διαφορετικές συνθήκες.

Συνολικά, η ύπαρξη πραγματικών δεδομένων κόστους και χρονοδιαγράμματος, σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του έργου, δημιουργεί ένα ισχυρό ερευνητικό υπόβαθρο, το οποίο επιτρέπει τη σύνδεση θεωρίας και πράξης και θέτει τις βάσεις για την ανάλυση που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια.

Στο σημείο αυτό, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τονιστεί ότι η αξία των δεδομένων δεν περιορίζεται μόνο στην πληρότητα ή στο επίπεδο ανάλυσής τους, αλλά κυρίως στη δυνατότητα που παρέχουν για τη σύνδεση μεταξύ διαφορετικών διαστάσεων του έργου. Η ύπαρξη ταυτόχρονα αναλυτικού προϋπολογισμού και υπεραναλυτικού χρονοδιαγράμματος δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου ανάλυσης, στο οποίο οι οικονομικές και χρονικές παράμετροι δεν εξετάζονται απομονωμένα, αλλά ως στοιχεία ενός ενιαίου συστήματος.

Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπως το εξεταζόμενο ξενοδοχειακό συγκρότημα, όπου οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ δραστηριοτήτων, πόρων και κόστους είναι έντονες και συχνά μη γραμμικές. Μικρές μεταβολές σε επιμέρους παραμέτρους, όπως η παραγωγικότητα συνεργείων ή το κόστος βασικών υλικών, μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές αποκλίσεις τόσο στη διάρκεια όσο και στο συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα. Ως εκ τούτου, η κατανόηση της δομής των δεδομένων αποτελεί προϋπόθεση για οποιαδήποτε περαιτέρω αναλυτική επεξεργασία.

Επιπλέον, η ύπαρξη διακριτών κατηγοριών κόστους σε συνδυασμό με την ποσοστιαία συμμετοχή τους επιτρέπει τη μετάβαση από μια απλή περιγραφική προσέγγιση σε μια πιο στοχευμένη αναλυτική διαδικασία. Συγκεκριμένα, καθίσταται

εφικτός ο εντοπισμός εκείνων των κατηγοριών που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συμβολή στο συνολικό κόστος και, κατ' επέκταση, εκείνων που ενδέχεται να επηρεάσουν περισσότερο την οικονομική απόδοση του έργου σε περίπτωση μεταβολής τους. Η πληροφορία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την επόμενη φάση της μελέτης, όπου αναπτύσσονται σενάρια και εφαρμόζονται τεχνικές ανάλυσης ευαισθησίας.

Αντίστοιχα, το χρονοδιάγραμμα του έργου δεν λειτουργεί μόνο ως εργαλείο απεικόνισης της διάρκειας, αλλά ως βασικός μηχανισμός κατανόησης της λειτουργικής λογικής του έργου. Η αλληλουχία των δραστηριοτήτων, οι εξαρτήσεις μεταξύ τους και η διάρθρωση των φάσεων επιτρέπουν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο εξελίσσεται το έργο στον χρόνο. Η πληροφορία αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν συνδυάζεται με τα οικονομικά δεδομένα, καθώς καθιστά δυνατή την εκτίμηση της χρονικής κατανομής των δαπανών και τη συσχέτιση συγκεκριμένων φάσεων με αυξημένες οικονομικές απαιτήσεις.

Η ταυτόχρονη ύπαρξη των δύο αυτών διαστάσεων (χρόνου και κόστους) επιτρέπει τη διαμόρφωση μιας πιο ρεαλιστικής εικόνας του έργου, στην οποία λαμβάνονται υπόψη τόσο οι τεχνικές όσο και οι οικονομικές παράμετροι. Η προσέγγιση αυτή συνάδει με τις σύγχρονες τάσεις στη διοίκηση έργων, όπου δίνεται έμφαση στη διαχείριση ολοκληρωμένων συστημάτων και όχι μεμονωμένων μεταβλητών.

Παράλληλα, η χρήση δεδομένων που προέρχονται από πραγματικό έργο ενισχύει σημαντικά την εγκυρότητα της ανάλυσης, καθώς επιτρέπει τη διερεύνηση φαινομένων που δεν μπορούν να αποτυπωθούν πλήρως σε θεωρητικά ή υποθετικά μοντέλα. Η πολυπλοκότητα του εξεταζόμενου έργου, σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες της νησιωτικής κατασκευής και τη συνύπαρξη νέων και υφιστάμενων υποδομών, δημιουργεί ένα περιβάλλον το οποίο αντανakλά σε μεγάλο βαθμό τις πραγματικές συνθήκες του κατασκευαστικού κλάδου.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η παρούσα φάση της μελέτης δεν αποσκοπεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων ή στην αξιολόγηση της απόδοσης του έργου, αλλά στη σαφή και τεκμηριωμένη παρουσίαση των δεδομένων που θα αποτελέσουν τη βάση της ανάλυσης που ακολουθεί. Η συστηματική κατανόηση της δομής και της φύσης των δεδομένων αποτελεί απαραίτητο βήμα πριν από την εφαρμογή αναλυτικών εργαλείων, όπως η ανάλυση ευαισθησίας και η διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων.

Με βάση τα παραπάνω, το σύνολο των δεδομένων που παρουσιάστηκε στο παρόν υποκεφάλαιο λειτουργεί ως θεμέλιο για την ανάπτυξη της εμπειρικής ανάλυσης της εργασίας. Στο επόμενο κεφάλαιο, τα δεδομένα αυτά θα αξιοποιηθούν για την αναλυτική παρουσίαση της μελέτης περίπτωσης και τη διερεύνηση της συμπεριφοράς του έργου υπό διαφορετικές συνθήκες σχεδιασμού και εκτέλεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΟΥ

4.1 Περιγραφή του Έργου και Βασικά Χαρακτηριστικά

Η παρούσα ενότητα επικεντρώνεται στην αναλυτική παρουσίαση της μελέτης περίπτωσης, η οποία αφορά την ανάπτυξη ενός σύνθετου ξενοδοχειακού συγκροτήματος τύπου resort σε ελληνική νησιωτική περιοχή. Το έργο αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα σύγχρονου κτιριακού έργου μεγάλης κλίμακας, στο οποίο συνυπάρχουν πολλαπλές λειτουργικές ενότητες, διαφορετικοί τύποι κατασκευών και αυξημένες απαιτήσεις συντονισμού.

Το συγκρότημα περιλαμβάνει περίπου 250 δωμάτια, καταναμεμένα σε διαφορετικές κατηγορίες, όπως one-bedroom suites, junior suites, premium rooms, deluxe rooms και comfort rooms. Η διαφοροποίηση αυτή συνεπάγεται αυξημένη πολυπλοκότητα τόσο στον σχεδιασμό όσο και στην κατασκευή, καθώς κάθε τύπος μονάδας παρουσιάζει διαφορετικές απαιτήσεις σε επίπεδο χώρων, υλικών και εξοπλισμού.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του έργου είναι ο συνδυασμός νέων και υφιστάμενων κατασκευών. Συγκεκριμένα, μέρος του έργου αφορά την ανάπτυξη νέων κτιριακών μονάδων, ενώ παράλληλα περιλαμβάνονται επεμβάσεις σε υφιστάμενες υποδομές, όπως ανακαινίσεις, ενισχύσεις φέροντος οργανισμού και αναβαθμίσεις λειτουργικών χώρων. Η συνύπαρξη αυτών των δύο κατηγοριών αυξάνει σημαντικά την πολυπλοκότητα του έργου, καθώς απαιτεί διαφορετικές προσεγγίσεις σε επίπεδο τεχνικής υλοποίησης, προγραμματισμού και διαχείρισης κινδύνου.

Παράλληλα, το έργο περιλαμβάνει εκτεταμένες κοινόχρηστες εγκαταστάσεις, όπως χώρους υποδοχής, εστίασης, αναψυχής, καθώς και υποστηρικτικές λειτουργίες που σχετίζονται με τη συνολική εμπειρία του χρήστη. Οι εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν κρίσιμα στοιχεία του έργου, τόσο από λειτουργική όσο και από οικονομική άποψη, καθώς συνδέονται άμεσα με την ποιότητα του τελικού προϊόντος και τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η γεωγραφική θέση του έργου, καθώς η υλοποίησή του σε νησιωτική περιοχή εισάγει πρόσθετους περιορισμούς και προκλήσεις. Η

μεταφορά υλικών και εξοπλισμού, η διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού και οι συνθήκες πρόσβασης στο εργοτάξιο αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τόσο τη διάρκεια όσο και το κόστος των εργασιών. Επιπλέον, η εποχικότητα που χαρακτηρίζει τις τουριστικές περιοχές μπορεί να επηρεάσει τον προγραμματισμό και την κατανομή των πόρων.

Ο συνολικός αναθεωρημένος προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 43.769.899,80 €, γεγονός που το κατατάσσει στην κατηγορία των έργων υψηλού προϋπολογισμού. Το μέγεθος αυτό αντικατοπτρίζει όχι μόνο την κλίμακα του έργου, αλλά και το επίπεδο ποιότητας και εξειδίκευσης που απαιτείται για την υλοποίησή του.

Παράλληλα με την οικονομική διάσταση, ιδιαίτερη σημασία έχει και η χρονική διάσταση του έργου. Η συνολική διάρκεια εκτέλεσης ανέρχεται περίπου σε 606 ημέρες, σύμφωνα με το αναλυτικό χρονοδιάγραμμα που έχει αναπτυχθεί σε περιβάλλον Microsoft Project. Η διάρκεια αυτή περιλαμβάνει το σύνολο των φάσεων του έργου, από τις αρχικές χωματουργικές εργασίες έως την ολοκλήρωση και την παράδοση των εγκαταστάσεων.

Η δομή του χρονοδιαγράμματος ακολουθεί τη λογική της διάσπασης του έργου σε φάσεις και υποφάσεις, επιτρέποντας τη συστηματική παρακολούθηση της προόδου και τον εντοπισμό κρίσιμων δραστηριοτήτων.

Οι βασικές φάσεις περιλαμβάνουν:

- Προπαρασκευαστικές εργασίες και χωματουργικά
- Κατασκευή φέροντος οργανισμού
- Εργασίες κελύφους και κλεισίματος κτιρίων
- Εγκατάσταση ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων
- Τελειώματα και αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις
- Δοκιμές, commissioning και τελική παράδοση

Η ύπαρξη υπεραναλυτικού χρονοδιαγράμματος επιτρέπει την κατανόηση της χρονικής λογικής του έργου, καθώς και τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ διάρκειας και κατανομής πόρων. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού της κρίσιμης

διαδρομής και των δραστηριοτήτων που επηρεάζουν περισσότερο τη συνολική διάρκεια.

Η συνδυαστική θεώρηση των χαρακτηριστικών του έργου αναδεικνύει την πολυδιάστατη φύση του. Το έργο δεν αποτελεί απλώς ένα σύνολο κατασκευαστικών δραστηριοτήτων, αλλά ένα σύνθετο σύστημα, στο οποίο αλληλεπιδρούν τεχνικοί, οικονομικοί και οργανωτικοί παράγοντες. Η κατανόηση αυτής της πολυπλοκότητας είναι κρίσιμη για την ανάλυση που ακολουθεί, καθώς επιτρέπει τη σωστή ερμηνεία των δεδομένων και των αποτελεσμάτων.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, το έργο αυτό χρησιμοποιείται ως βάση για την εφαρμογή αναλυτικών εργαλείων και τη διερεύνηση της συμπεριφοράς του υπό διαφορετικές συνθήκες. Η ύπαρξη πραγματικών δεδομένων, σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα και την κλίμακα του έργου, καθιστά τη μελέτη περίπτωσης ιδιαίτερα κατάλληλη για την ανάπτυξη συμπερασμάτων που μπορούν να γενικευτούν σε ευρύτερο πλαίσιο.

Στις επόμενες ενότητες, πραγματοποιείται αναλυτική διερεύνηση της δομής του κόστους, της κατανομής των δαπανών και της σχέσης μεταξύ οικονομικών και χρονικών παραμέτρων, με στόχο την κατανόηση των βασικών μηχανισμών που επηρεάζουν την εξέλιξη του έργου.

4.2 Ανάλυση Προϋπολογισμού και Δομής Κόστους

Η ανάλυση του προϋπολογισμού ενός έργου μεγάλης κλίμακας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την κατανόηση όχι μόνο του οικονομικού του μεγέθους, αλλά και της εσωτερικής του δομής, της τεχνικής του οργάνωσης και των βασικών μηχανισμών που επηρεάζουν την υλοποίησή του.

Στην περίπτωση του εξεταζόμενου ξενοδοχειακού συγκροτήματος, ο συνολικός αναθεωρημένος προϋπολογισμός ύψους 43.769.899,80 ευρώ δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί απλώς ως ένα συνολικό οικονομικό μέγεθος, αλλά ως ένα σύνθετο σύστημα επιμέρους κατηγοριών, οι οποίες αποτυπώνουν τις τεχνικές επιλογές, τις λειτουργικές απαιτήσεις, την οργανωτική δομή και τις ειδικές συνθήκες του έργου.

Η διάσπαση του συνολικού προϋπολογισμού σε επιμέρους κατηγορίες κόστους επιτρέπει τη μετάβαση από μια συνολική και αφηρημένη εικόνα του έργου σε μια πολύ πιο συγκεκριμένη και αναλυτική θεώρηση. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται εφικτή η αναγνώριση των κύριων πεδίων οικονομικής επιβάρυνσης, ο εντοπισμός των

κατηγοριών με τη μεγαλύτερη σχετική βαρύτητα και η ερμηνεία της σχέσης μεταξύ τεχνικής φύσης των εργασιών και οικονομικής επιβάρυνσης. Η προσέγγιση αυτή είναι απαραίτητη για έργα μεγάλης κλίμακας, διότι σε τέτοια έργα το συνολικό αποτέλεσμα διαμορφώνεται από τη συνδυαστική επίδραση πολλών επιμέρους παραμέτρων και όχι από μία και μόνο οικονομική μεταβλητή.

Ο προϋπολογισμός του έργου είναι δομημένος σε κατηγορίες τύπου D, οι οποίες ακολουθούν μια λογική λειτουργικής και τεχνικής ταξινόμησης. Η ταξινόμηση αυτή επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ κατηγοριών που σχετίζονται με τον σχεδιασμό, με τις βασικές δομικές εργασίες, με τα τελειώματα, με τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, με τις ειδικές κατασκευές, με τις υποστηρικτικές διαδικασίες και με τις προβλέψεις. Η ύπαρξη μιας τέτοιας δομής ταξινόμησης δεν είναι μόνο πρακτικά χρήσιμη για την καταγραφή του κόστους, αλλά και επιστημονικά σημαντική, καθώς επιτρέπει την αναλυτική αποσύνθεση του έργου σε οικονομικές ενότητες που μπορούν να μελετηθούν συγκριτικά.

Αν εξεταστεί ο πίνακας του προϋπολογισμού σε πρώτο επίπεδο, γίνεται σαφές ότι η κατανομή του κόστους δεν είναι ομοιόμορφη. Αντίθετα, το συνολικό οικονομικό μέγεθος συγκεντρώνεται σε περιορισμένο αριθμό κατηγοριών, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη σαφών cost drivers. Η κατηγορία με τη μεγαλύτερη ποσοστιαία συμμετοχή είναι το σκυρόδεμα (Concrete), με ποσοστό 10,61% του συνολικού προϋπολογισμού. Η διαπίστωση αυτή είναι απολύτως λογική σε έργο τέτοιας κλίμακας, καθώς ο φέρων οργανισμός και τα δομικά στοιχεία αποτελούν τον βασικό σκελετό της κατασκευής, επηρεάζοντας όχι μόνο το άμεσο κόστος, αλλά και το σύνολο της κατασκευαστικής αλληλουχίας. Το υψηλό κόστος του σκυροδέματος συνδέεται με τον όγκο των κατασκευών, με τις απαιτήσεις στατικής επάρκειας, με τις ανάγκες ποιότητας και αντοχής, αλλά και με την πιθανή δυσκολία μεταφοράς και τροφοδοσίας υλικών λόγω της νησιωτικής θέσης του έργου.

Η δεύτερη ιδιαίτερα σημαντική κατηγορία είναι τα συστήματα HVAC, τα οποία αντιστοιχούν στο 7,70% του συνολικού κόστους. Η υψηλή αυτή συμμετοχή αντανakλά τη λειτουργική φύση του έργου, καθώς ένα σύγχρονο resort οφείλει να διαθέτει σύνθετα και υψηλής απόδοσης συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού, τα οποία να ανταποκρίνονται σε απαιτήσεις άνεσης, ενεργειακής απόδοσης και λειτουργικής αξιοπιστίας. Η παρουσία ισχυρού ηλεκτρομηχανολογικού κόστους αποτελεί γενικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων τουριστικών μονάδων

υψηλής στάθμης, στις οποίες οι εγκαταστάσεις δεν λειτουργούν απλώς ως υποστηρικτικό στοιχείο, αλλά ως καθοριστικός παράγοντας της συνολικής εμπειρίας του χρήστη και της ποιότητας λειτουργίας του συγκροτήματος.

Αντίστοιχα, τα τελειώματα (Finishes), με ποσοστό 5,43%, και οι ειδικές κατασκευές (Special Construction), με ποσοστό 5,15%, δείχνουν ότι ένα σημαντικό μέρος του συνολικού προϋπολογισμού κατευθύνεται σε στοιχεία που σχετίζονται όχι μόνο με τη βασική κατασκευαστική ολοκλήρωση, αλλά και με το αισθητικό, λειτουργικό και εμπορικό επίπεδο του τελικού προϊόντος. Σε ένα ξενοδοχειακό έργο τύπου resort, τα τελειώματα δεν αποτελούν απλώς μία τελική φάση διαμόρφωσης των χώρων, αλλά καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ταυτότητα, την αντιληπτή ποιότητα και την εμπορική αξία του έργου. Το κόστος των τελειωμάτων αντανακλά, επομένως, όχι μόνο τεχνικές απαιτήσεις, αλλά και στρατηγικές επιλογές τοποθέτησης του έργου στην αγορά.

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η παρουσία αποθεματικού (Contingency) ύψους 2.408.922,34 ευρώ, το οποίο αντιστοιχεί στο 5,50% του συνολικού προϋπολογισμού. Η ύπαρξη τέτοιας πρόβλεψης αποκαλύπτει ότι ο αρχικός οικονομικός σχεδιασμός του έργου δεν βασίστηκε αποκλειστικά σε μία ντετερμινιστική εκτίμηση, αλλά ενσωμάτωσε σε κάποιο βαθμό τη λογική της αβεβαιότητας και του κινδύνου. Σε έργα μεγάλης κλίμακας, και ιδιαίτερα σε έργα που αναπτύσσονται σε σύνθετα περιβάλλοντα, η ενσωμάτωση contingency θεωρείται ουσιώδης πρακτική, διότι επιτρέπει την απορρόφηση απρόβλεπτων αποκλίσεων, χωρίς να αποσταθεροποιείται ο συνολικός οικονομικός σχεδιασμός. Το ύψος του contingency λειτουργεί, επομένως, ως έμμεσος δείκτης της αντίληψης κινδύνου που διέπει τη δομή του έργου.

Η αμοιβή ανάπτυξης και διαχείρισης (Development & CPM Fee), ύψους 2.000.000 ευρώ και ποσοστού 4,57%, αποτελεί επίσης ιδιαίτερα σημαντική ένδειξη ότι το έργο δεν αντιμετωπίζεται μόνο ως αμιγώς κατασκευαστικό αντικείμενο, αλλά ως σύνθετη επένδυση με οργανωτικές, διοικητικές και διαχειριστικές απαιτήσεις. Η παρουσία αυτού του κόστους υπενθυμίζει ότι τα μεγάλα έργα δεν απορροφούν πόρους μόνο μέσω υλικών και εργασιών, αλλά και μέσω μηχανισμών διαχείρισης, συντονισμού, παρακολούθησης και ελέγχου, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την επιτυχή ολοκλήρωσή τους.

Εξετάζοντας περαιτέρω τον πίνακα κόστους, διαπιστώνεται ότι η οικονομική δομή του έργου αποκαλύπτει σαφώς τη διττή φύση του: από τη μία πλευρά πρόκειται για

έργο με ισχυρό δομικό και ηλεκτρομηχανολογικό πυρήνα και από την άλλη για έργο υψηλής ποιοτικής διαμόρφωσης, στο οποίο τα τελειώματα, ο εξοπλισμός, οι ειδικές κατασκευές και οι εξειδικευμένες μονάδες φιλοξενίας παίζουν καθοριστικό ρόλο. Η διττή αυτή φύση είναι απόλυτα συμβατή με το είδος της επένδυσης, καθώς ένα resort δεν αρκεί να είναι τεχνικά ολοκληρωμένο, αλλά οφείλει να προσφέρει ένα σύνολο υποδομών και εμπειριών που να υποστηρίζουν τη λειτουργία του ως ανταγωνιστικού τουριστικού προϊόντος.

Πέρα από τις μεγάλες κατηγορίες κόστους, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι επιμέρους κατηγορίες που σχετίζονται με τις διαφορετικές ενότητες του συγκροτήματος. Οι κατηγορίες D-50.1, D-50.2 και D-50.3 αφορούν τις νέες αναπτύξεις, ενώ οι D-51.1, D-51.2 και D-51.3 αφορούν παρεμβάσεις σε υφιστάμενα τμήματα. Η ύπαρξη αυτής της διάκρισης είναι κρίσιμη, διότι αναδεικνύει ότι το έργο δεν ακολουθεί μία ενιαία λογική υλοποίησης, αλλά περιλαμβάνει διαφορετικές τεχνικές και οικονομικές λογικές ανάλογα με το αν πρόκειται για νέα κατασκευή ή για παρέμβαση σε υφιστάμενη υποδομή.

Στις νέες κατασκευές, το κόστος συνδέεται περισσότερο με την πλήρη ανάπτυξη του κελύφους, των υποδομών και του εξοπλισμού, ενώ στις υφιστάμενες ενότητες το κόστος επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τη δυσκολία παρέμβασης, τις πιθανές αβεβαιότητες που σχετίζονται με τον ήδη υπάρχοντα φέροντα οργανισμό, την ανάγκη προσαρμογής σε υφιστάμενες συνθήκες και τις αυξημένες απαιτήσεις συντονισμού. Η ύπαρξη ξεχωριστής κατηγορίας για τις ενισχύσεις φέροντος οργανισμού (Structural Reinforcements), ύψους 1.900.000 ευρώ και ποσοστού 4,34%, επιβεβαιώνει ότι το έργο φέρει σημαντικό τεχνικό φορτίο σε σχέση με το υφιστάμενο δομημένο περιβάλλον. Το στοιχείο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι τα έργα που συνδυάζουν νέες και υφιστάμενες κατασκευές ενσωματώνουν συνήθως μεγαλύτερο βαθμό αβεβαιότητας σε σχέση με έργα εξ ολοκλήρου νέας δόμησης.

Η ίδια η δομή του πίνακα δείχνει επίσης ότι το έργο φέρει έντονο αποτύπωμα logistics. Η ύπαρξη ξεχωριστής κατηγορίας για τα logistics, ύψους 800.000 ευρώ, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό εύρημα, καθώς στα περισσότερα θεωρητικά παραδείγματα τα logistics απορροφώνται έμμεσα σε άλλες κατηγορίες. Εδώ, όμως, η καταγραφή τους ως διακριτής οικονομικής ενότητας φανερώνει ότι η οργάνωση ροής υλικών, εξοπλισμού και προμηθειών αποτελεί ανεξάρτητο και ουσιώδες πεδίο διαχείρισης. Το στοιχείο αυτό συνδέεται άμεσα με τη νησιωτική φύση του έργου και

ενισχύει την παρατήρηση ότι η γεωγραφική θέση δεν αποτελεί απλώς περιγραφικό δεδομένο, αλλά ουσιαστικό παράγοντα οικονομικής διαμόρφωσης.

Για την πληρέστερη κατανόηση της δομής κόστους, είναι χρήσιμη η ομαδοποίηση των επιμέρους κατηγοριών σε ευρύτερες λειτουργικές ενότητες. Με βάση μια τέτοια προσέγγιση, οι κατηγορίες μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις βασικές ομάδες: δομικό κόστος, αρχιτεκτονικό κόστος, ηλεκτρομηχανολογικό κόστος και διοικητικό/υποστηρικτικό κόστος. Η κατηγοριοποίηση αυτή επιτρέπει όχι μόνο την καλύτερη ερμηνεία του πίνακα, αλλά και την ανάπτυξη σχέσεων μεταξύ λειτουργίας και οικονομικού βάρους.

Το δομικό κόστος περιλαμβάνει κυρίως τις εργασίες σκυροδέματος, τοιχοποιίας, μεταλλικών στοιχείων, χωματουργικών και ενισχύσεων. Το αρχιτεκτονικό κόστος περιλαμβάνει τα τελειώματα, τα ανοίγματα, τα ξύλινα και σύνθετα στοιχεία, τις ειδικές διαμορφώσεις και μέρος του εξοπλισμού. Το ηλεκτρομηχανολογικό κόστος περιλαμβάνει τα HVAC, τα ηλεκτρικά, τα υδραυλικά, την πυρόσβεση, τα συστήματα αυτοματισμού, επικοινωνιών και ασφάλειας. Τέλος, το διοικητικό και υποστηρικτικό κόστος περιλαμβάνει design, logistics, supervision, certification, insurance, bank expenses, contingency και development fee. Μέσα από αυτήν τη διάκριση γίνεται σαφές ότι ο προϋπολογισμός του έργου είναι αποτέλεσμα όχι μόνο της ίδιας της κατασκευής, αλλά και ενός ευρύτερου πλαισίου υποστήριξης, ελέγχου και διαχείρισης.

Από επιστημονική σκοπιά, η δομή του κόστους μπορεί να αναλυθεί και μέσω της έννοιας της συγκέντρωσης κόστους. Η αρχή Pareto, σύμφωνα με την οποία ένα μικρό ποσοστό αιτιών ευθύνεται για μεγάλο ποσοστό των αποτελεσμάτων, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην παρούσα περίπτωση. Αν εφαρμοστεί στο συγκεκριμένο έργο, οδηγεί στην παρατήρηση ότι σχετικά λίγες κατηγορίες κόστους ευθύνονται για δυσανάλογα μεγάλο μέρος του συνολικού προϋπολογισμού. Η αναγνώριση αυτού του φαινομένου είναι κρίσιμη για τη διοίκηση έργων, διότι επιτρέπει τον προσανατολισμό της αναλυτικής και διαχειριστικής προσπάθειας στα σημεία με τη μεγαλύτερη πιθανή απόδοση.

Η συγκέντρωση αυτή του κόστους θα μπορούσε να αποτυπωθεί σε διάγραμμα Pareto, στο οποίο οι κατηγορίες κόστους ταξινομούνται φθίνουσα ως προς τη συμμετοχή τους και συνοδεύονται από καμπύλη σωρευτικού ποσοστού. Ένα τέτοιο διάγραμμα θα έδειχνε με σαφήνεια ότι κατηγορίες όπως Concrete, HVAC, Finishes,

Special Construction, Contingency, Development Fee, Electrical και Structural Reinforcements αποτελούν τον πυρήνα της οικονομικής δομής του έργου. Η χρησιμότητα αυτής της γραφικής αποτύπωσης δεν είναι μόνο οπτική, αλλά και αναλυτική, διότι επιτρέπει τον σαφέστερο ορισμό των cost drivers που θα αποτελέσουν αργότερα αντικείμενο ανάλυσης ευαισθησίας.

Πέρα από τη στατική θεώρηση του προϋπολογισμού, εξίσου σημαντική είναι και η δυναμική διάσταση του κόστους. Το γεγονός ότι το έργο διαθέτει και αναλυτικό χρονοδιάγραμμα διάρκειας περίπου 606 ημερών σημαίνει ότι κάθε κατηγορία κόστους συνδέεται με συγκεκριμένες χρονικές φάσεις εκτέλεσης. Το κόστος, συνεπώς, δεν υπάρχει μόνο ως συνολικό ποσό, αλλά ως οικονομική ροή που αναπτύσσεται στον χρόνο. Στις αρχικές φάσεις, το μεγαλύτερο βάρος πέφτει στις προπαρασκευαστικές εργασίες, στα χωματουργικά και στον φέροντα οργανισμό. Στις μεσαίες φάσεις ενισχύονται οι κατηγορίες κελύφους, ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και βασικών υποδομών. Στις τελικές φάσεις, το κόστος μετατοπίζεται προς τα τελειώματα, τον εξοπλισμό, τις ειδικές διαμορφώσεις και την τελική πιστοποίηση. Με αυτήν τη λογική, η οικονομική δομή του έργου συνδέεται άμεσα με την καμπύλη εξέλιξης του έργου στον χρόνο.

Η σύνδεση κόστους και χρόνου επιτρέπει την εφαρμογή της έννοιας της S-curve, δηλαδή της σωρευτικής καμπύλης δαπανών ή προόδου. Σε ένα έργο σαν το εξεταζόμενο, η καμπύλη αυτή αναμένεται να εμφανίζει βραδύτερη αύξηση στην αρχή, εντονότερη αύξηση κατά τη φάση κύριας κατασκευής και σταδιακή επιβράδυνση στις τελικές φάσεις. Η αναμενόμενη αυτή μορφή δεν αποτελεί μόνο τυπικό χαρακτηριστικό κατασκευαστικών έργων, αλλά χρήσιμο εργαλείο ελέγχου, καθώς επιτρέπει τη σύγκριση του πραγματικού ρυθμού κατανάλωσης πόρων με τον προγραμματισμένο ρυθμό. Σε επίπεδο διοίκησης έργου, η καμπύλη S μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της προόδου, την αποτίμηση της ρευστότητας και τον εντοπισμό αποκλίσεων από τον αρχικό σχεδιασμό.

Επιστημονικά, η σχέση μεταξύ κόστους και χρόνου μπορεί να διατυπωθεί και ως αλληλεπίδραση τριών βασικών μεταβλητών: ποσότητα εργασίας, μοναδιαίο κόστος και παραγωγικότητα. Το πραγματικό κόστος μιας κατηγορίας δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την έκταση των εργασιών, αλλά και από τον ρυθμό με τον οποίο αυτές εκτελούνται και από τις συνθήκες υπό τις οποίες λαμβάνει χώρα η παραγωγή. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε μεταβολή στην παραγωγικότητα των συνεργείων,

στις καθυστερήσεις, στη διαθεσιμότητα εξοπλισμού ή στη σειρά εκτέλεσης δραστηριοτήτων μπορεί να επηρεάσει τόσο τη διάρκεια όσο και το τελικό οικονομικό αποτέλεσμα. Για τον λόγο αυτό, η ανάλυση του προϋπολογισμού δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί ως απολύτως ανεξάρτητη από τον χρονοπρογραμματισμό.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί και στη μεταβλητότητα του κόστους. Παρά το γεγονός ότι ο πίνακας προϋπολογισμού παρέχει σαφείς τιμές, στην πράξη οι τιμές αυτές δεν είναι αμετάβλητες. Οι τιμές των υλικών, οι αμοιβές εργασίας, τα κόστη μεταφοράς, οι επιβαρύνσεις πιστοποίησης και τα κόστη ασφάλισης μπορούν να παρουσιάσουν αποκλίσεις. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα σε έργα νησιωτικού χαρακτήρα, όπου το κόστος logistics και η χρονική ευαισθησία των παραδόσεων μπορούν να επηρεάσουν περισσότερο το τελικό αποτέλεσμα σε σχέση με ένα συμβατικό αστικό έργο. Από τη σκοπιά αυτή, ο πίνακας κόστους δεν αποτυπώνει απλώς μία οικονομική πραγματικότητα, αλλά και ένα πεδίο δυναμικού κινδύνου.

Η σημασία της παρούσας ανάλυσης έγκειται ακριβώς σε αυτό: προσφέρει τη δυνατότητα να αναγνωριστούν οι οικονομικές ζώνες υψηλής ευαισθησίας του έργου. Οι κατηγορίες με μεγάλη συμμετοχή στο συνολικό κόστος, οι κατηγορίες που συνδέονται με τεχνικά περίπλοκες επεμβάσεις, οι κατηγορίες με ισχυρή εξάρτηση από εξωτερικές συνθήκες και οι κατηγορίες που εμφανίζουν ενδογενή αβεβαιότητα αποτελούν τα βασικά σημεία στα οποία πρέπει να επικεντρωθεί η επόμενη φάση της ανάλυσης. Με άλλα λόγια, το 4.2 δεν λειτουργεί μόνο ως αναλυτική περιγραφή του προϋπολογισμού, αλλά και ως μηχανισμός επιλογής των μεταβλητών που θα διερευνηθούν στο κεφάλαιο της ανάλυσης ευαισθησίας.

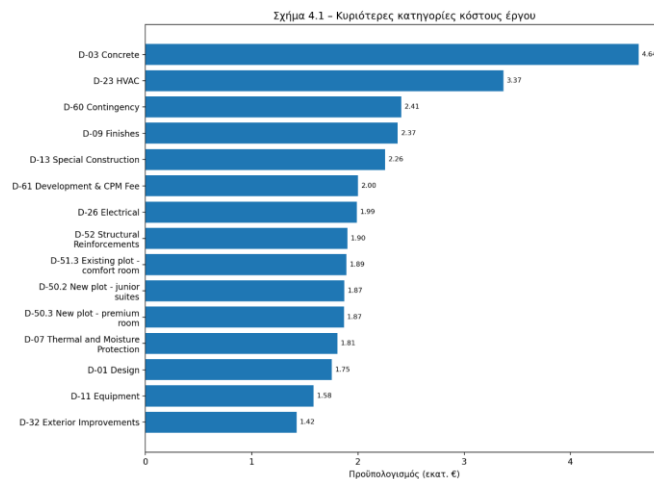
Συνολικά, η ανάλυση του προϋπολογισμού του έργου αναδεικνύει μία σύνθετη, πολυεπίπεδη και έντονα συγκεντρωτική δομή κόστους. Το έργο εμφανίζει ισχυρή εξάρτηση από τον φέροντα οργανισμό, από τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, από τις ποιοτικές αρχιτεκτονικές διαμορφώσεις και από τα υποστηρικτικά/διαχειριστικά κόστη. Παράλληλα, η νησιωτική του θέση και η συνύπαρξη νέων και υφιστάμενων κατασκευών ενισχύουν τη δυναμική αβεβαιότητας. Η κατανόηση αυτών των χαρακτηριστικών αποτελεί απαραίτητο βήμα πριν από τη μετάβαση στην ανάλυση σεναρίων και στην ποσοτική διερεύνηση της επίδρασης μεταβολών σε κρίσιμες παραμέτρους. Με αυτή τη λογική, η παρούσα ενότητα λειτουργεί ως θεμέλιο για την αναλυτική φάση που ακολουθεί και προσφέρει το αναγκαίο υπόβαθρο για μια ουσιαστική και τεκμηριωμένη προσέγγιση του έργου.

4.3 Γραφική και Συγκριτική Αποτύπωση της Δομής Κόστους

Η αναλυτική παρουσίαση του προϋπολογισμού στην προηγούμενη ενότητα επιτρέπει την κατανόηση της οικονομικής διάρθρωσης του έργου σε επίπεδο αριθμητικών δεδομένων. Ωστόσο, σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπου το πλήθος των επιμέρους κατηγοριών είναι σημαντικό και οι μεταξύ τους σχέσεις σύνθετες, η αποκλειστική χρήση πινάκων δεν επαρκεί για την πλήρη ερμηνεία της οικονομικής εικόνας. Για τον λόγο αυτό, η γραφική και συγκριτική αποτύπωση της δομής κόστους αποτελεί αναγκαίο βήμα της ανάλυσης, καθώς διευκολύνει τον εντοπισμό των κυρίαρχων κατηγοριών, την κατανόηση των οικονομικών συγκεντρώσεων και την ανάδειξη των βασικών μοτίβων κατανομής του προϋπολογισμού.

Η μετάβαση από τον αριθμητικό πίνακα στη γραφική αναπαράσταση δεν έχει μόνο αισθητική ή υποστηρικτική λειτουργία. Αντίθετα, εντάσσεται σε μια ευρύτερη μεθοδολογική λογική, σύμφωνα με την οποία τα οικονομικά δεδομένα του έργου αναλύονται ως σύστημα και όχι ως απλή απαρίθμηση μεγεθών. Η οπτική αναπαράσταση διευκολύνει την ανάγνωση της σχετικής βαρύτητας των κατηγοριών, τη σύγκριση μεταξύ τους και την αποτύπωση της συγκέντρωσης του κόστους. Επιπλέον, παρέχει ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τη σύνδεση της οικονομικής δομής με τα επόμενα στάδια της μελέτης, και ειδικά με την ανάλυση ευαισθησίας και τη διερεύνηση σεναρίων.

Σε πρώτο επίπεδο, ιδιαίτερη σημασία έχει η αποτύπωση του συνολικού προϋπολογισμού σε μορφή κατανομής ανά κατηγορία κόστους. Η κατανομή αυτή μπορεί να παρουσιαστεί μέσω ραβδογράμματος, στο οποίο κάθε κατηγορία αντιστοιχεί σε μία ράβδο, η οποία αναπαριστά είτε το απόλυτο οικονομικό μέγεθος είτε το ποσοστό συμμετοχής της κατηγορίας στο συνολικό προϋπολογισμό.

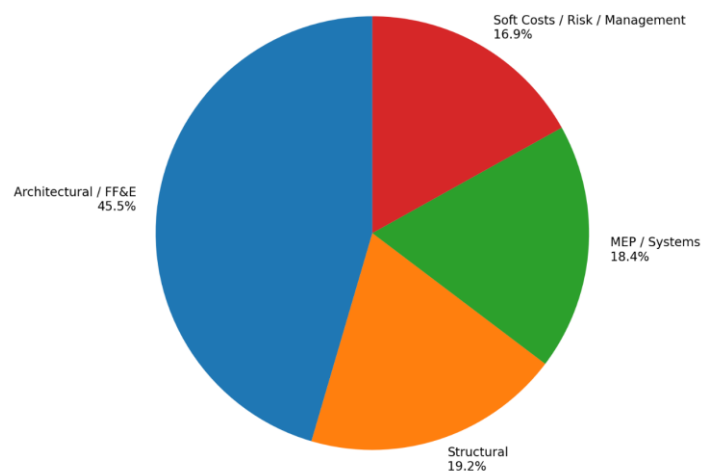


Η σημασία ενός τέτοιου διαγράμματος είναι ότι επιτρέπει την άμεση οπτική αναγνώριση των κατηγοριών με τη μεγαλύτερη συμβολή στο συνολικό κόστος. Σε αντίθεση με τον αναλυτικό πίνακα, όπου η ερμηνεία απαιτεί διαδοχική ανάγνωση γραμμών και αριθμών, το ραβδόγραμμα αναδεικνύει αμέσως τις πλέον κυρίαρχες συνιστώσες. Στην παρούσα περίπτωση, γίνεται σαφές ότι κατηγορίες όπως το σκυρόδεμα, τα συστήματα HVAC, τα τελειώματα, οι ειδικές κατασκευές, το αποθεματικό και η αμοιβή ανάπτυξης και διαχείρισης εμφανίζουν ιδιαίτερα υψηλή οικονομική βαρύτητα.

Η γραφική αυτή αποτύπωση ενισχύει την παρατήρηση ότι το έργο δεν χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφη κατανομή πόρων, αλλά από έντονη συγκέντρωση του κόστους σε περιορισμένο αριθμό κατηγοριών. Το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία από διοικητική και ερευνητική σκοπιά, καθώς υποδηλώνει ότι οι παρεμβάσεις ελέγχου και οι διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου πρέπει να εστιάσουν πρωτίστως σε αυτές τις κατηγορίες, οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη ικανότητα να επηρεάσουν το συνολικό αποτέλεσμα.

Σε δεύτερο επίπεδο, η οικονομική δομή του έργου μπορεί να αποτυπωθεί με τη χρήση κυκλικού διαγράμματος ή διαγράμματος ποσοστιαίας σύνθεσης. Η απεικόνιση αυτή δεν αποσκοπεί στην πλήρη παρουσίαση όλων των κατηγοριών, καθώς σε έργα με μεγάλο αριθμό επιμέρους κωδικών ένα υπερβολικά λεπτομερές κυκλικό διάγραμμα είναι δυσανάγνωστο. Αντίθετα, είναι προτιμότερο οι κατηγορίες να ομαδοποιηθούν σε ευρύτερες λειτουργικές ενότητες και στη συνέχεια να παρουσιαστεί η σχετική συμμετοχή κάθε ενότητας στο συνολικό κόστος.

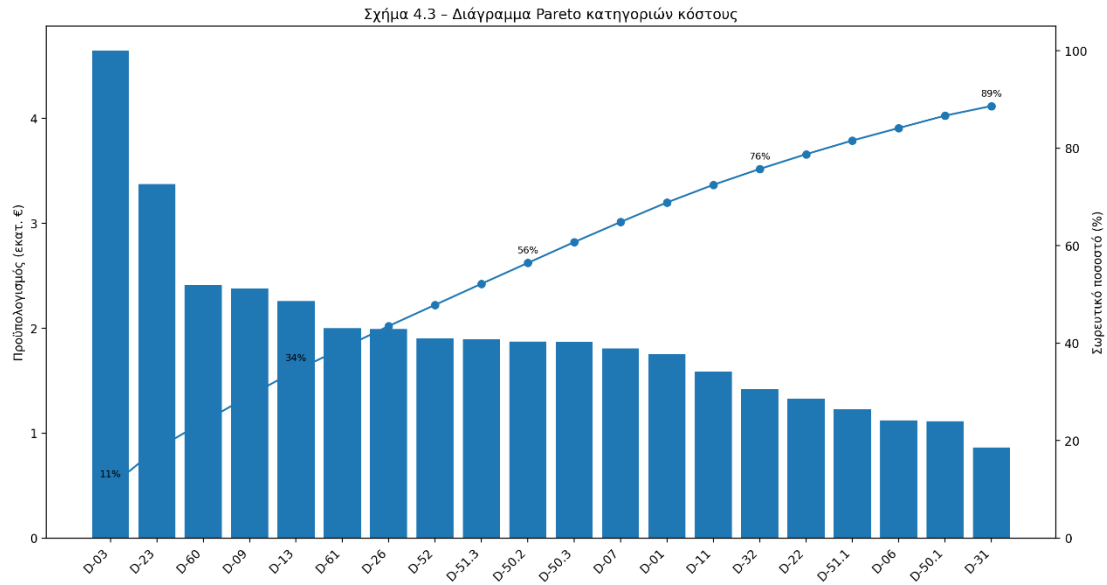
Σχήμα 4.2 - Ποσοστιαία κατανομή κόστους ανά λειτουργική ομάδα



Η ομαδοποίηση αυτή επιτρέπει τη λειτουργική ανάγνωση του προϋπολογισμού. Για παράδειγμα, οι δομικές κατηγορίες περιλαμβάνουν το σκυρόδεμα, τις τοιχοποιίες, τα μεταλλικά στοιχεία, τα χωματουργικά και τις ενισχύσεις. Οι αρχιτεκτονικές κατηγορίες περιλαμβάνουν τα τελειώματα, τα ανοίγματα, τα ξύλινα και σύνθετα στοιχεία, καθώς και τμήμα των ειδικών κατασκευών. Οι ηλεκτρομηχανολογικές κατηγορίες περιλαμβάνουν τα HVAC, τα υδραυλικά, τα ηλεκτρικά, την πυρόσβεση, τους αυτοματισμούς, τις επικοινωνίες και την ηλεκτρονική ασφάλεια. Τέλος, οι διοικητικές και υποστηρικτικές δαπάνες περιλαμβάνουν Μελέτη / Σχεδιασμός (Design), Οργάνωση Εργοταξίου (logistics), πιστοποιήσεις, Επίβλεψη κατασκευής (supervision), Ασφάλιση Έργου (Insurance), Τραπεζικά έξοδα (Bank expenses), Αμοιβή διαχείρισης Ανάπτυξης (Development fee) και Απρόβλεπτα (Contingency).

Η λειτουργική αυτή διάρθρωση του κόστους είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι αποκαλύπτει το «οικονομικό αποτύπωμα» της τεχνικής φυσιογνωμίας του έργου. Σε ένα έργο όπως το εξεταζόμενο resort, αναμένεται αυξημένη συμμετοχή αρχιτεκτονικών και ηλεκτρομηχανολογικών κατηγοριών, καθώς το τελικό προϊόν δεν εξαρτάται μόνο από τη δομική ολοκλήρωση, αλλά και από την ποιότητα των χώρων, τη λειτουργικότητα των εγκαταστάσεων, την άνεση των χρηστών και τη συνολική εμπειρία φιλοξενίας. Επομένως, η δομή του προϋπολογισμού επιβεβαιώνει ότι πρόκειται για επένδυση με έντονο χαρακτήρα ποιότητας και λειτουργικής εξειδίκευσης, και όχι απλώς για ένα συμβατικό κτιριακό έργο τυπικής ανάπτυξης.

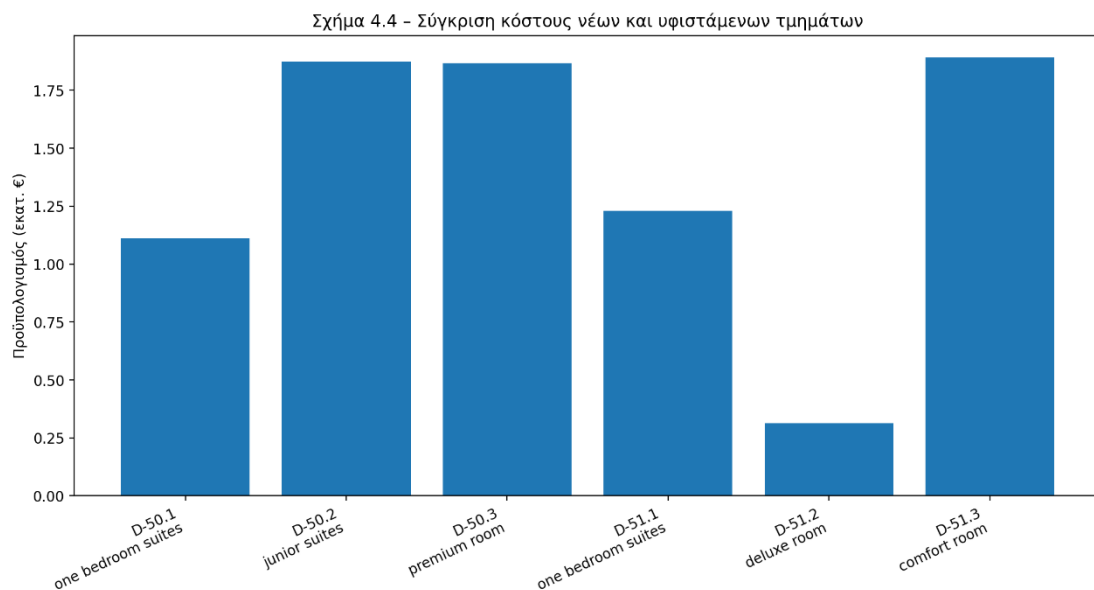
Η επόμενη σημαντική προσέγγιση αφορά την εφαρμογή της λογικής Pareto στη δομή του κόστους. Η λογική αυτή στηρίζεται στην παρατήρηση ότι σε πολλά συστήματα ένα σχετικά μικρό ποσοστό συνιστωσών ευθύνεται για μεγάλο ποσοστό του συνολικού αποτελέσματος. Στην ανάλυση κόστους έργων, η εφαρμογή της αρχής αυτής επιτρέπει τον προσδιορισμό των κατηγοριών που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος του προϋπολογισμού και, κατά συνέπεια, αποτελούν τα βασικά πεδία οικονομικής ευαισθησίας.



Η χρησιμότητα του διαγράμματος Pareto είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς επιτρέπει την οπτική επιβεβαίωση του φαινομένου συγκέντρωσης. Στην περίπτωση του έργου, η ταξινόμηση των κατηγοριών κατά φθίνουσα σειρά οικονομικής συμμετοχής οδηγεί στο συμπέρασμα ότι περιορισμένος αριθμός κατηγοριών απορροφά δυσανάλογα μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους. Κατηγορίες όπως Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction, Contingency, Development Fee, Electrical και Structural Reinforcements μπορούν να θεωρηθούν ως οικονομικά κρίσιμες, όχι μόνο επειδή έχουν υψηλό απόλυτο μέγεθος, αλλά και επειδή η μεταβολή τους θα είχε σημαντική επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα.

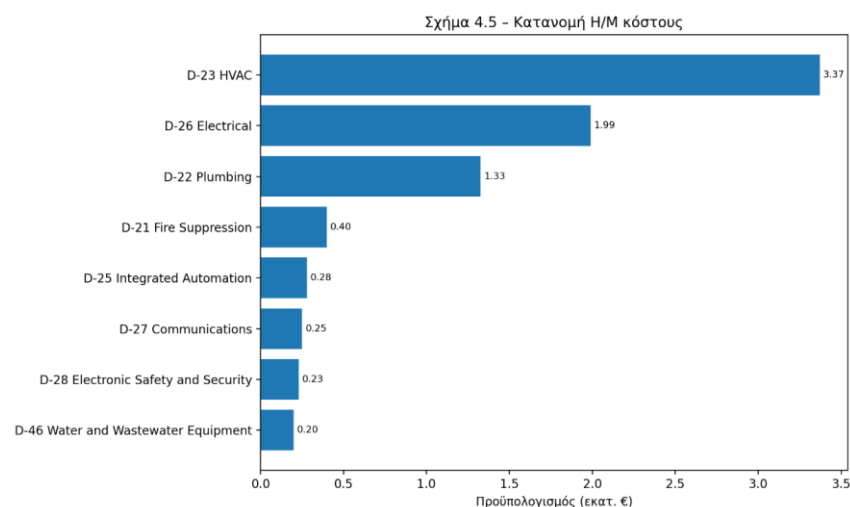
Η ερμηνεία αυτού του ευρήματος είναι ιδιαίτερα σημαντική. Από διαχειριστική άποψη, η ύπαρξη συγκέντρωσης κόστους σε λίγες βασικές κατηγορίες σημαίνει ότι οι προσπάθειες ελέγχου, παρακολούθησης και διαπραγμάτευσης πρέπει να εστιάσουν σε αυτές πρωτίστως. Από ερευνητική άποψη, οι κατηγορίες αυτές αποτελούν τον φυσικό πυρήνα της μετέπειτα ανάλυσης ευαισθησίας. Με άλλα λόγια, η ανάλυση Pareto δεν λειτουργεί μόνο ως εργαλείο περιγραφής, αλλά και ως εργαλείο επιλογής μεταβλητών για τα επόμενα στάδια της μελέτης.

Πέρα από τη συγκέντρωση, ιδιαίτερη σημασία έχει και η συγκριτική ανάγνωση των κατηγοριών που σχετίζονται με νέα και υφιστάμενα τμήματα του έργου. Στον προϋπολογισμό καταγράφονται ξεχωριστές κατηγορίες για νέα plots και για υφιστάμενα plots, γεγονός που επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση των δύο αυτών πεδίων παρέμβασης.



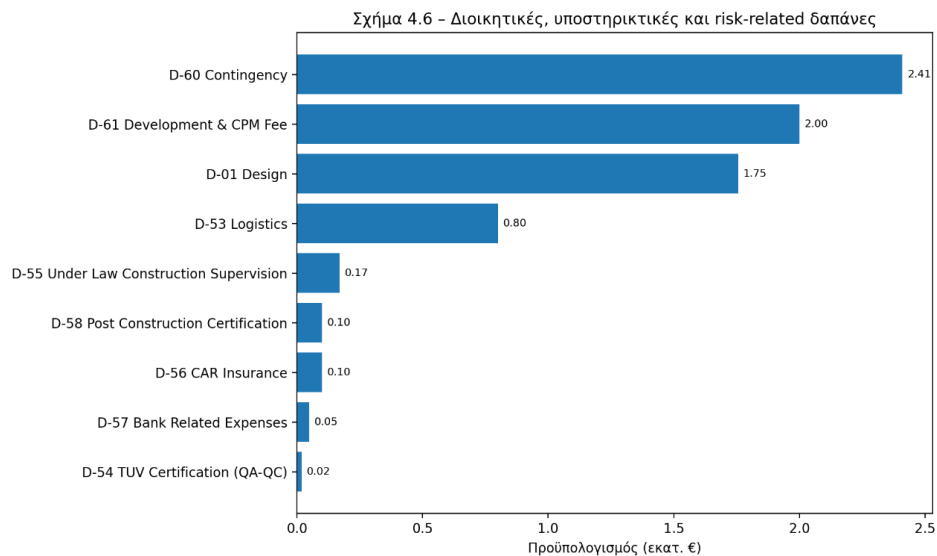
Η συγκριτική αυτή ανάλυση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, διότι αναδεικνύει ότι η οικονομική βαρύτητα δεν κατανέμεται αποκλειστικά με βάση το αν μια παρέμβαση είναι νέα ή υφιστάμενη. Συχνά, τα υφιστάμενα τμήματα παρουσιάζουν αυξημένο κόστος ανά μονάδα παρέμβασης λόγω της τεχνικής δυσκολίας, της ανάγκης προσαρμογής σε υπάρχουσες συνθήκες, των ενισχύσεων και της αβεβαιότητας που συνδέεται με τις ήδη υφιστάμενες κατασκευές. Η ύπαρξη ξεχωριστής κατηγορίας για Structural Reinforcements ενισχύει αυτήν ακριβώς τη διαπίστωση.

Η γραφική και συγκριτική ανάλυση μπορεί να επεκταθεί και στη μελέτη της εσωτερικής ιεράρχησης των ηλεκτρομηχανολογικών δαπανών. Δεδομένου ότι οι Η/Μ εγκαταστάσεις αποτελούν μία από τις σημαντικότερες οικονομικές ομάδες, έχει αξία να εξεταστεί πώς κατανέμεται το σχετικό κόστος εντός της ομάδας αυτής.



Η ύπαρξη τέτοιας αποτύπωσης προσφέρει δύο βασικά πλεονεκτήματα. Πρώτον, αναδεικνύει ότι τα HVAC κυριαρχούν σαφώς εντός του Η/Μ κόστους, κάτι που είναι πλήρως συμβατό με τη λειτουργική φύση ενός resort. Δεύτερον, επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ κατηγοριών με μεγάλη συμμετοχή και κατηγοριών με περισσότερο υποστηρικτικό χαρακτήρα. Η ερμηνεία αυτή είναι σημαντική, διότι οι μεγάλες κατηγορίες λειτουργούν ως βασικοί μοχλοί οικονομικής μεταβλητότητας, ενώ οι μικρότερες κατηγορίες συχνά σχετίζονται περισσότερο με συμμόρφωση, ασφάλεια ή εξειδικευμένες λειτουργίες.

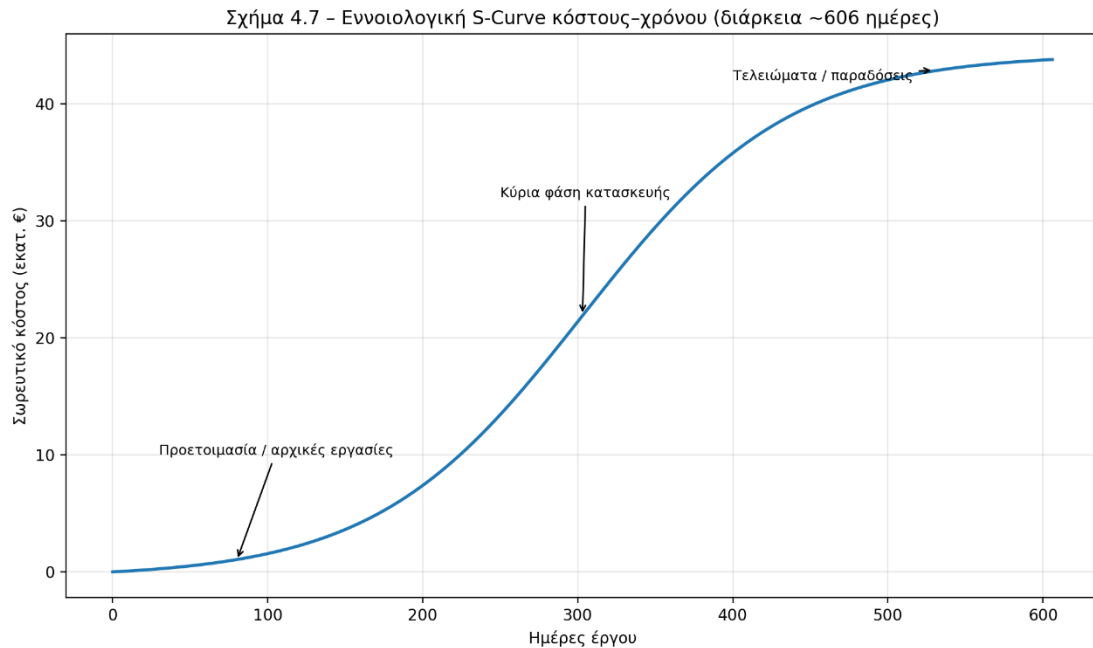
Ανάλογη προσέγγιση μπορεί να ακολουθηθεί και για τις λεγόμενες soft costs, δηλαδή τις δαπάνες που δεν συνδέονται άμεσα με την υλική εκτέλεση του έργου, αλλά με τη διοίκηση, τον συντονισμό, την πιστοποίηση, την ασφάλιση και τη διασφάλιση της ομαλής υλοποίησης.



Η ανάλυση της συγκεκριμένης ομάδας είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα, διότι επιτρέπει να αναδειχθεί ότι η επιτυχία ενός έργου μεγάλης κλίμακας δεν εξαρτάται μόνο από τη φυσική εκτέλεση των εργασιών, αλλά και από το επίπεδο διοικητικής και οργανωτικής υποστήριξης. Η παρουσία σημαντικού κόστους logistics, development fee και contingency δείχνει με σαφήνεια ότι το έργο ενσωματώνει ισχυρό διαχειριστικό και οργανωσιακό φορτίο.

Εκτός από τη στατική αποτύπωση, η γραφική ανάλυση πρέπει να επεκταθεί και στη δυναμική διάσταση του κόστους. Εφόσον το έργο διαθέτει αναλυτικό χρονοδιάγραμμα διάρκειας περίπου 606 ημερών, είναι δυνατό να αναπτυχθεί η λογική της χρονικής κατανομής των δαπανών. Αν και η πλήρης ανάπτυξη ταμειακών

ρώων αποτελεί αντικείμενο μεταγενέστερης ανάλυσης, ήδη από το στάδιο αυτό είναι επιστημονικά χρήσιμο να εισαχθεί η έννοια της σωρευτικής καμπύλης κόστους.



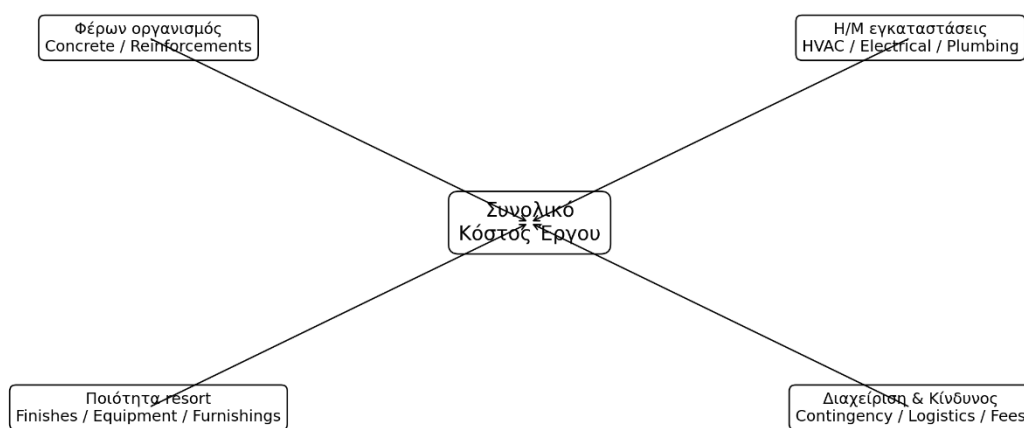
Η καμπύλη αυτή αποτυπώνει τη λογική σύμφωνα με την οποία το έργο παρουσιάζει σχετικά χαμηλή απορρόφηση πόρων στην αρχική φάση, αυξανόμενη ένταση κατά τη φάση κύριας κατασκευής και σταδιακή επιβράδυνση στις τελικές φάσεις. Η σημασία της καμπύλης S δεν έγκειται μόνο στη γραφική της αξία, αλλά και στην ικανότητά της να συνδέει το οικονομικό μέγεθος με την πρόοδο του έργου. Η κατανόηση αυτής της σχέσης θα αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη στα επόμενα στάδια της μελέτης, όπου η ανάλυση θα εστιάσει περισσότερο στη σχέση κόστους και χρόνου και στη συμπεριφορά του έργου υπό εναλλακτικά σενάρια.

Σε αυτό το σημείο είναι σκόπιμο να υπογραμμιστεί ότι η γραφική αναπαράσταση των δεδομένων δεν πρέπει να εκληφθεί ως απλή βοηθητική οπτικοποίηση, αλλά ως αναλυτική διαδικασία. Κάθε διάγραμμα λειτουργεί ως μέσο μετασχηματισμού των ακατέργαστων δεδομένων σε δομημένη πληροφορία. Η διαδικασία αυτή είναι καίριας σημασίας στη διοίκηση έργων, διότι οι αποφάσεις δεν λαμβάνονται πάνω σε μεγάλους πίνακες αριθμών, αλλά πάνω σε συμπυκνωμένες και συγκριτικά αναγνώσιμες μορφές πληροφόρησης. Για τον λόγο αυτό, η ενσωμάτωση διαγραμμάτων στη μελέτη δεν αποτελεί αισθητική προσθήκη, αλλά επιστημονικά θεμελιωμένο βήμα της ανάλυσης.

Από μεθοδολογική άποψη, η γραφική και συγκριτική αποτύπωση του κόστους υπηρετεί τρεις βασικούς στόχους. Πρώτον, αναδεικνύει τη γενική οικονομική εικόνα του έργου και τη λειτουργική του φυσιογνωμία. Δεύτερον, επιτρέπει τον εντοπισμό των κατηγοριών με τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία και, συνεπώς, με τη μεγαλύτερη πιθανή επίδραση στο συνολικό αποτέλεσμα. Τρίτον, δημιουργεί τη βάση για την επιλογή των μεταβλητών που θα εξεταστούν αργότερα στην ανάλυση ευαισθησίας.

Συνολικά, η παρούσα ενότητα δείχνει ότι η δομή του κόστους του έργου μπορεί να αναγνωσθεί όχι μόνο ως οικονομικός πίνακας, αλλά ως πολυδιάστατο αποτύπωμα της τεχνικής, λειτουργικής και οργανωτικής φυσιογνωμίας του. Μέσω της γραφικής και συγκριτικής επεξεργασίας, γίνεται σαφές ότι το έργο παρουσιάζει έντονη συγκέντρωση κόστους σε βασικές κατηγορίες, σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ νέων και υφιστάμενων παρεμβάσεων, υψηλή βαρύτητα ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και σαφή ανάγκη διοικητικής υποστήριξης και πρόβλεψης κινδύνου. Τα στοιχεία αυτά δεν αποτελούν μόνο διαπιστώσεις της παρούσας ενότητας, αλλά θεμελιώνουν τη μετάβαση στις επόμενες αναλύσεις, στις οποίες οι κρίσιμες αυτές κατηγορίες θα αποτελέσουν το επίκεντρο διερεύνησης σεναρίων και ευαισθησίας.

Σχήμα 4.8 - Εννοιολογικό διάγραμμα βασικών cost drivers



4.4 Ολοκληρωμένη Συσχέτιση Προϋπολογισμού, Χρονοδιαγράμματος, Ανθρώπινων Πόρων και Ταμειακών Ροών

Η αποτελεσματική διοίκηση ενός κατασκευαστικού έργου μεγάλης κλίμακας προϋποθέτει την ταυτόχρονη παρακολούθηση τεσσάρων αλληλένδετων μεταβλητών: του κόστους, του χρόνου, των ανθρώπινων πόρων και της ρευστότητας. Στη διεθνή βιβλιογραφία, τα μεγέθη αυτά δεν αντιμετωπίζονται ως ανεξάρτητοι δείκτες, αλλά ως ένα ενιαίο λειτουργικό σύστημα, στο οποίο η μεταβολή ενός παράγοντα επηρεάζει άμεσα τους υπόλοιπους. Για παράδειγμα, επιτάχυνση χρονοδιαγράμματος χωρίς αντίστοιχη ενίσχυση πόρων ενδέχεται να μειώσει την παραγωγικότητα, ενώ αύξηση προσωπικού χωρίς σωστό χωρικό συντονισμό μπορεί να οδηγήσει σε συμφόρηση εργοταξίου και υπερβάσεις κόστους.

Η παρούσα μελέτη αφορά ξενοδοχειακή επένδυση τύπου resort σε νησιωτική περιοχή της Ελλάδας, με δυναμικότητα περίπου 250 δωματίων, η οποία περιλαμβάνει νέες κτιριακές μονάδες, αναβάθμιση υφιστάμενων τμημάτων και κοινόχρηστες εγκαταστάσεις υψηλών προδιαγραφών. Ο συνολικός αναθεωρημένος προϋπολογισμός ανέρχεται σε **43.769.899,81 €**, ενώ η συνολική διάρκεια του έργου προσδιορίζεται σε **606 ημέρες**. Το μέσο ανθρώπινο δυναμικό εκτιμάται σε **180 άτομα ημερησίως**, με κορύφωση **220–260 ατόμων** κατά τις φάσεις έντασης ηλεκτρομηχανολογικών και αρχιτεκτονικών εργασιών.

Project Cost & Phasing Dashboard			
Συνολικό κόστος	43.769.899,81 €	Διάρκεια	606
Μέσο προσωπικό	180	Peak σε βαριές εργασίες	220-260
Κύριοι cost drivers	Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction, Contingency		
Χρήση	Ανάλυση κόστους, cash flow/phasing, sensitivity scenarios		

4.4.1 Ανάλυση Δομής Προϋπολογισμού και Cost Drivers

Ο συνολικός προϋπολογισμός δεν κατανέμεται ομοιόμορφα μεταξύ των κατηγοριών εργασιών. Η κατανομή του κεφαλαίου αποκαλύπτει ποιες περιοχές του έργου ενσωματώνουν το μεγαλύτερο οικονομικό ρίσκο και ποιες απαιτούν στενότερη διοικητική επιτήρηση.

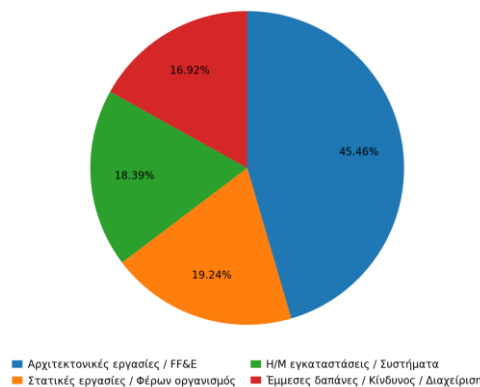
Με βάση την επεξεργασία των δεδομένων, οι τέσσερις κύριες λειτουργικές ομάδες κόστους είναι:

Λειτουργική Ομάδα	Κόστος (€)	%
Architectural / FF&E	19.899.049,78	45,46%
Structural	8.419.305,69	19,24%
MEP / Systems	8.047.622,00	18,39%
Soft Costs / Risk / Management	7.403.922,34	16,92%

Πίνακας 4.1 - Τέσσερις κύριες λειτουργικές ομάδες κόστους

Η σημαντικότερη παρατήρηση είναι ότι σχεδόν το **ήμισυ του συνολικού προϋπολογισμού** αφορά αρχιτεκτονικά τελειώματα, εξοπλισμό, δωμάτια και μονάδες φιλοξενίας. Το στοιχείο αυτό είναι αναμενόμενο για luxury resort, όπου η τελική αξία του προϊόντος συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την εμπειρία χρήστη, την αισθητική, την ποιότητα υλικών και το επίπεδο εξοπλισμού.

Κόστος ανά λειτουργική ομάδα



4.4.2 Κύριες Κατηγορίες που Οδηγούν το Κόστος

Η ανάλυση ανά κωδικό αποκαλύπτει τους βασικούς παράγοντες κόστους(cost drivers)του έργου. Οι σημαντικότερες επιμέρους κατηγορίες είναι:

Κωδικός	Κατηγορία	Κόστος (€)
D-03	Concrete	4.642.253,80
D-23	HVAC	3.370.000,00
D-60	Contingency	2.408.922,34
D-09	Finishes	2.374.944,41
D-13	Special Construction	2.256.290,50

Πίνακας 4.2 – Σημαντικότερη παράγοντες κόστους

Η παρουσία του **Concrete** στην πρώτη θέση επιβεβαιώνει ότι ο φέρων οργανισμός και τα βαριά δομικά στοιχεία αποτελούν τη βάση της επένδυσης. Το **HVAC** εμφανίζεται επίσης ιδιαίτερα υψηλό, κάτι αναμενόμενο σε resort υψηλών απαιτήσεων, όπου ο κλιματισμός, η ενεργειακή απόδοση και η άνεση αποτελούν κρίσιμους δείκτες ποιότητας.

Η ύπαρξη κονδυλίου **Contingency** άνω των 2,4 εκατ. € θεωρείται διοικητικά ορθή, καθώς επιτρέπει την απορρόφηση αβεβαιοτήτων χωρίς ανατροπή του συνολικού χρηματοδοτικού πλάνου.

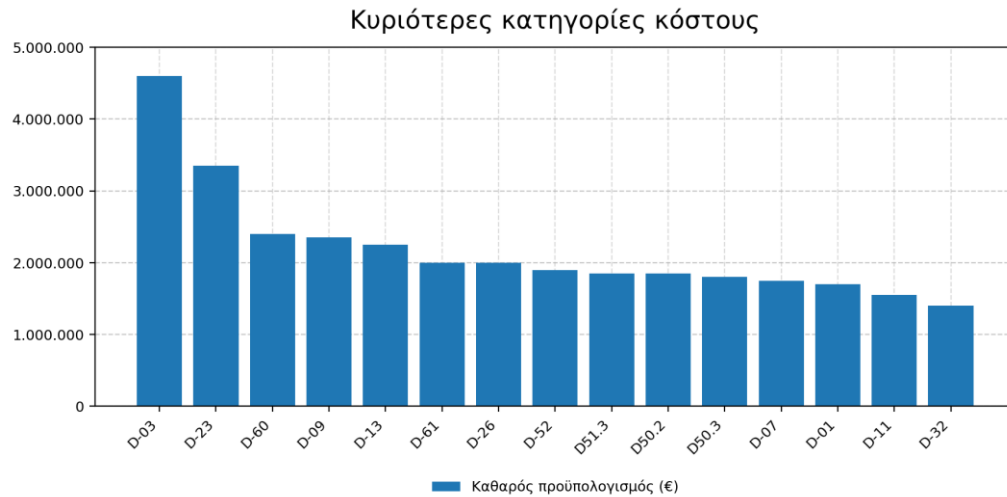
Κωδικός	Περιγραφή	Budget Net (€)	% επί συνόλου	Λειτουργική Ομάδα	Rank	Σωρευτικό %
D-03	Concrete	4.642.253,80 €	10,61%	Structural	1	10,61%
D-23	HVAC	3.370.000,00 €	7,70%	MEP / Systems	2	18,31%
D-60	Contingency	2.408.922,34 €	5,50%	Soft Costs / Risk / Management	3	23,81%

D-09	Finishes	2.374.944,41 €	5,43%	Architectural / FF&E	4	29,23%
D-13	Special Construction	2.256.290,50 €	5,15%	Architectural / FF&E	5	34,39%
D-61	Development & CPM Fee	2.000.000,00 €	4,57%	Soft Costs / Risk / Management	6	38,96%
D-26	Electrical	1.990.750,00 €	4,55%	MEP / Systems	7	43,51%
D-52	Structural Reinforcements	1.900.000,00 €	4,34%	Structural	8	47,85%
D-51.3	Existing plot - comfort room	1.892.401,73 €	4,32%	Architectural / FF&E	9	52,17%
D-50.2	New plot - junior suites	1.873.261,79 €	4,28%	Architectural / FF&E	10	56,45%
D-50.3	New plot - premium room	1.868.097,70 €	4,27%	Architectural / FF&E	11	60,72%
D-07	Thermal and Moisture Protection	1.805.958,17 €	4,13%	Architectural / FF&E	12	64,85%
D-01	Design	1.755.000,00 €	4,01%	Soft Costs / Risk / Management	13	68,86%
D-11	Equipment	1.583.000,00 €	3,62%	Architectural / FF&E	14	72,47%
D-32	Exterior Improvements	1.422.695,44	3,25%	Architectural / FF&E	15	75,72%

		€				
D-22	Plumbing	1.326.872,00 €	3,03%	MEP / Systems	16	78,75%
D-51.1	Existing plot - one bedroom suites	1.230.084,16 €	2,81%	Architectural / FF&E	17	81,56%
D-06	Wood, Plastics and Composites	1.122.552,60 €	2,56%	Architectural / FF&E	18	84,13%
D-50.1	New plot - one bedroom suites	1.112.066,84 €	2,54%	Architectural / FF&E	19	86,67%
D-31	Earthwork	864.194,50 €	1,97%	Structural	20	88,64%
D-53	Logistics	800.000,00 €	1,83%	Soft Costs / Risk / Management	21	90,47%
D-05	Metals	560.981,00 €	1,28%	Structural	22	91,75%
D-12	Furnishings	556.229,53 €	1,27%	Architectural / FF&E	23	93,02%
D-04	Masonry	451.876,39 €	1,03%	Structural	24	94,06%
D-21	Fire Suppression	400.000,00 €	0,91%	MEP / Systems	25	94,97%
D-51.2	Existing plot - deluxe room	313.406,91 €	0,72%	Architectural / FF&E	26	95,69%
D-08	Openings	286.660,00 €	0,66%	Architectural / FF&E	27	96,34%
D-25	Integrated Automation	280.000,00 €	0,64%	MEP / Systems	28	96,98%
D-27	Communications	250.000,00 €	0,57%	MEP / Systems	29	97,55%
D-28	Electronic Safety		0,53%	MEP /	30	98,08%

	and Security	230.000,00 €		Systems		
D-46	Water and Wastewater Equipment	200.000,00 €	0,46%	MEP / Systems	31	98,53%
D-55	Under Law Construction Supervision	170.000,00 €	0,39%	Soft Costs / Risk / Management	32	98,92%
D-14	Conveying Equipment	137.000,00 €	0,31%	Architectural / FF&E	33	99,24%
D-56	CAR Insurance	100.000,00 €	0,23%	Soft Costs / Risk / Management	34	99,46%
D-58	Post Construction Certification	100.000,00 €	0,23%	Soft Costs / Risk / Management	35	99,69%
D-10	Specialties	64.400,00 €	0,15%	Architectural / FF&E	36	99,84%
D-57	Bank Related Expenses	50.000,00 €	0,11%	Soft Costs / Risk / Management	37	99,95%
D-54	TUV Certification (QA-QC)	20.000,00 €	0,05%	Soft Costs / Risk / Management	38	100,00%
D-02	Existing Conditions	- €	0,00%	Soft Costs / Risk / Management	39	100,00%
D-62	Unexpected (off-budget)	- €	0,00%	Soft Costs / Risk / Management	40	100,00%
Σύνολο		43.769.899,81 €	100,00%			

Πίνακας 4.3 - Σωρευτικός πίνακας



4.4.3 Χρονοδιάγραμμα 606 Ημερών και Φασικός Προγραμματισμός

Η συνολική διάρκεια των 606 ημερών δεν αποτελεί ενιαίο μέγεθος αλλά αποτέλεσμα αλληλουχίας φάσεων με διαφορετικό τεχνικό περιεχόμενο, παραγωγική ένταση και οικονομική βαρύτητα. Η ανάλυση του έργου οδηγεί στις ακόλουθες τέσσερις βασικές φάσεις:

Φάση	Ημέρες	% Κόστους	Κόστος (€)
Φάση Α	1–90	10%	4.376.990
Φάση Β	91–300	38%	16.632.562
Φάση Γ	301–480	34%	14.881.766
Φάση Δ	481–606	18%	7.878.582

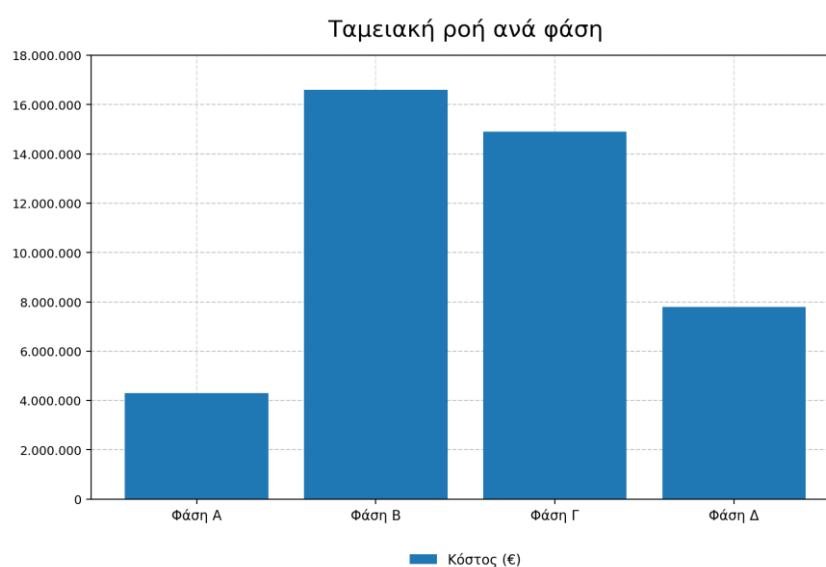
Πίνακας 4.4 - Βασικές φάσεις ανάλυσης έργου

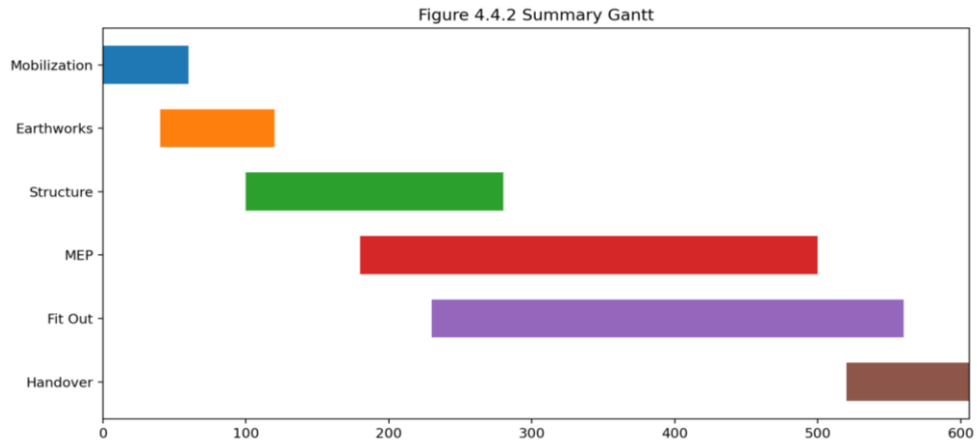
Η **Φάση Β** είναι η πλέον βαριά οικονομικά, καθώς περιλαμβάνει φέροντα οργανισμό, κελύφη, ενισχύσεις και δομικές εργασίες. Η **Φάση Γ** ακολουθεί πολύ κοντά, καθώς περιλαμβάνει Η/Μ, ξηρά δόμηση, δωμάτια και παράλληλα μέτωπα εργασίας.

Φάση	Ημέρες	Διάρκεια	% Κόστους	Κόστος (€)	Κύριες εργασίες	Μέσο προσωπικό	Person-days
Φάση Α	1-90	90	10,00%	4.376.989,98	Προετοιμασία, εργοτάξιο,	130	11700

				€	χωματουργικά, αρχικές προμήθειες		
Φάση Β	91-300	210	38,00%	16.632.561,93 €	Φέρων οργανισμός, δομικές εργασίες, κέλυφος, ενισχύσεις	180	37800
Φάση Γ	301- 480	180	34,00%	14.881.765,94 €	Ξηρά δόμηση, Η/Μ, τελειώματα, παράλληλα μέτωπα εργασίας	245	44100
Φάση Δ	481- 606	126	18,00%	7.878.581,97 €	Testing, commissioning, FF&E, διορθώσεις, παραδόσεις	165	20790
Σύνολο	1-606	606	100,00%	43.769.899,81 €		180	114390

Πίνακας 4.5 - Ανάλυση Φάσεων





Σχήμα 4.4.2 – Διάγραμμα Gantt

4.4.4 Ανάλυση Ανθρώπινων Πόρων και Παραγωγικής Έντασης

Η διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιτυχίας. Το έργο εμφανίζει μέσο επίπεδο στελέχωσης **180 άτομα**, όμως η πραγματική ανάγκη μεταβάλλεται σημαντικά ανά φάση.

Φάση	Μέσο προσωπικό	Person-days
Φάση Α	130	11.700
Φάση Β	180	37.800
Φάση Γ	245	44.100
Φάση Δ	165	20.790

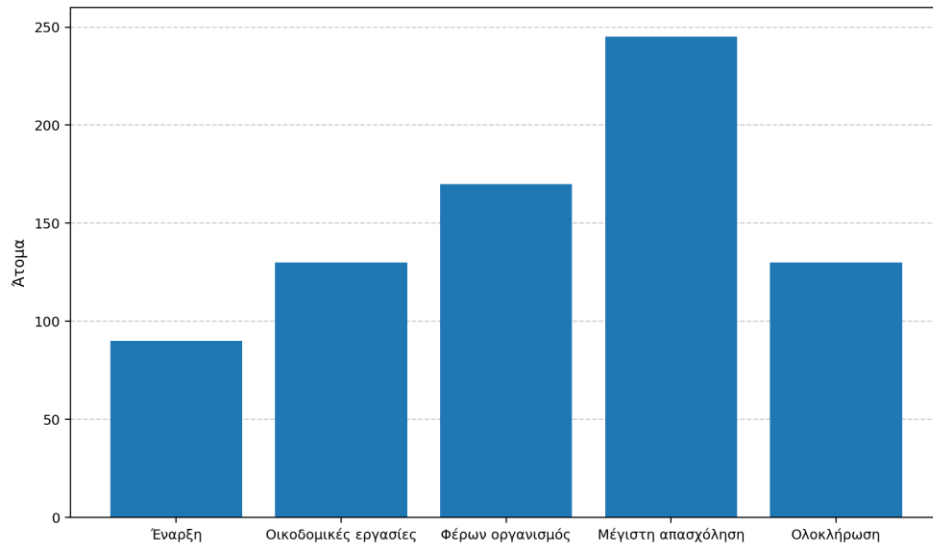
Η κορύφωση στη Φάση Γ εξηγείται από τη συνύπαρξη πολλών ειδικοτήτων: **συνεργεία γυψοσανίδων, ηλεκτρολογικά συνεργεία, υδραυλικά συνεργεία, συνεργεία εγκαταστάσεων HVAC, συνεργεία βαφών, συνεργεία μαρμάρων, συνεργεία εγκατάστασης FF&E.**

Το άθροισμα ανθρωποημερών (person-days) ανέρχεται σε:

114.390 ανθρωποημέρες

Συνολικές Ανθρωποημέρες = Σ (Αριθμός Εργαζομένων ανά περίοδο $\times$ Ημέρες περιόδου) (σχ. 4.1)

Σχήμα 4.4.3 Ιστόγραμμα ανθρώπινου δυναμικού



4.4.5 Cash Flow και Ρυθμός Απορρόφησης Κεφαλαίου

Η χρονική κατανομή του κόστους είναι κρίσιμη για τη ρευστότητα του επενδυτή. Η ταμειακή απορρόφηση ακολουθεί κλασική καμπύλη S, καθώς στην αρχή οι δαπάνες είναι περιορισμένες, στη μέση κορυφώνονται και προς το τέλος σταθεροποιούνται.

Ο σωρευτικός υπολογισμός γίνεται από τη σχέση:

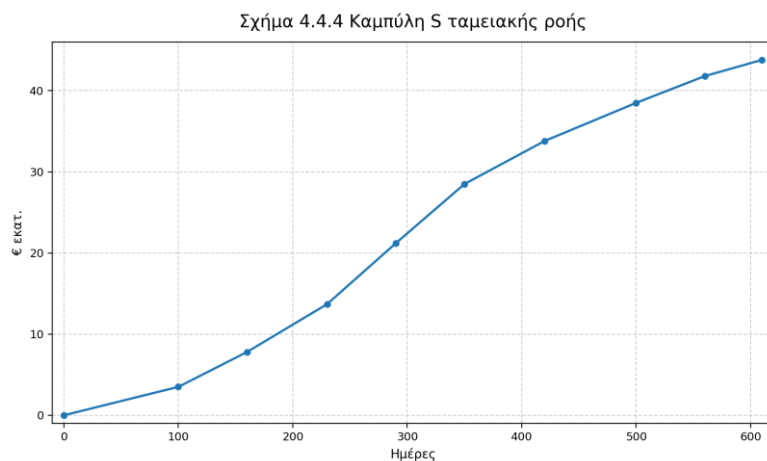
$$C_t = \Sigma (Cost_i), \text{ για } i = 1 \text{ έως } t \quad (\text{σχ. 4.2})$$

όπου:

- C_t = σωρευτικό κόστος έως χρόνο t

Η πρακτική αξία του cash flow model είναι ιδιαίτερα μεγάλη σε έργα resort, καθώς συνδέεται με:

- ανάγκη εκταμιεύσεων,
- τραπεζικές χρηματοδοτήσεις,
- προγραμματισμό πληρωμών προμηθευτών,
- κεφάλαιο κίνησης.



4.4.6 Ανάλυση Ευαισθησίας Κόστους

Το Excel περιλαμβάνει εξαιρετικά χρήσιμο sensitivity table. Μελετά την επίδραση αύξησης +5%, +10%, +15% στις βασικές κατηγορίες.

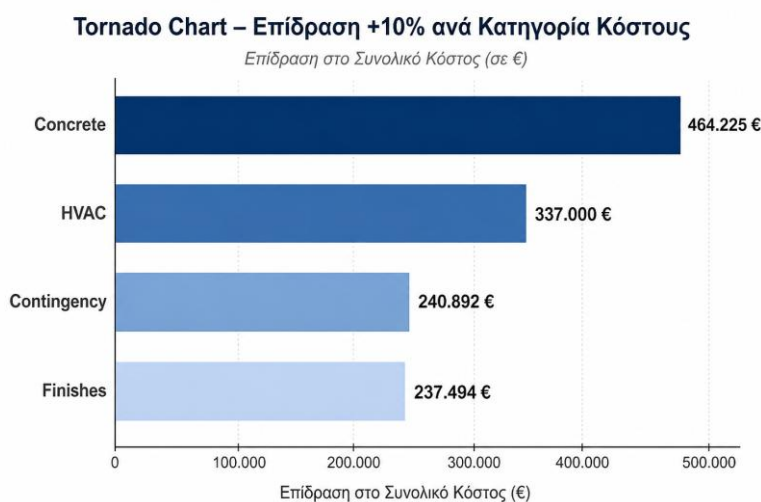
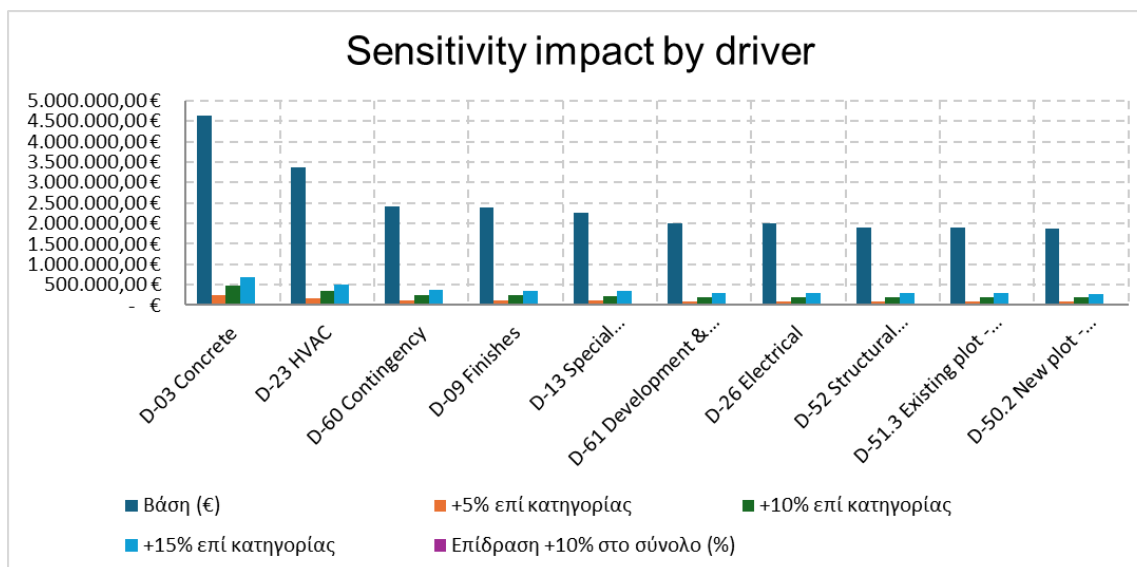
Παράδειγμα:

Κατηγορία	+10% επί κατηγορίας	Επίδραση στο σύνολο
Concrete	464.225 €	+1,06%
HVAC	337.000 €	+0,77%
Contingency	240.892 €	+0,55%
Finishes	237.494 €	+0,54%

Η ανάλυση αποδεικνύει ότι το μεγαλύτερο systemic risk προέρχεται από Concrete και HVAC.

Κατηγορία	Βάση (€)	+5% επί κατηγορίας	+10% επί κατηγορίας	+15% επί κατηγορίας	Επίδραση +10% στο σύνολο (%)
D-03 Concrete	4.642.253,80 €	232.112,69 €	464.225,38 €	696.338,07 €	1,06%
D-23 HVAC	3.370.000,00 €	168.500,00 €	337.000,00 €	505.500,00 €	0,77%

D-60 Contingency	2.408.922,34 €	120.446,12 €	240.892,23 €	361.338,35 €	0,55%
D-09 Finishes	2.374.944,41 €	118.747,22 €	237.494,44 €	356.241,66 €	0,54%
D-13 Special Construction	2.256.290,50 €	112.814,53 €	225.629,05 €	338.443,58 €	0,52%
D-61 Development & CPM Fee	2.000.000,00 €	100.000,00 €	200.000,00 €	300.000,00 €	0,46%
D-26 Electrical	1.990.750,00 €	99.537,50 €	199.075,00 €	298.612,50 €	0,45%
D-52 Structural Reinforcements	1.900.000,00 €	95.000,00 €	190.000,00 €	285.000,00 €	0,43%
D-51.3 Existing plot - comfort room	1.892.401,73 €	94.620,09 €	189.240,17 €	283.860,26 €	0,43%
D-50.2 New plot - junior suites suites	1.873.261,79 €	93.663,09 €	187.326,18 €	280.989,27 €	0,43%



4.4.7 Earned Value Management (EVM)

Η αποτελεσματική παρακολούθηση ενός έργου μεγάλης κλίμακας δεν μπορεί να βασίζεται αποκλειστικά είτε στη φυσική πρόοδο είτε στις πραγματοποιημένες δαπάνες. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ένα έργο μπορεί να εμφανίζει υψηλή κατανάλωση προϋπολογισμού χωρίς αντίστοιχη πρόοδο, ή αντίστροφα να παρουσιάζει ικανοποιητική πρόοδο με χαμηλή απορρόφηση πόρων αλλά με μελλοντικούς κινδύνους καθυστέρησης. Για τον λόγο αυτό, στη σύγχρονη διοίκηση έργων εφαρμόζεται ευρέως η μέθοδος **Earned Value Management (EVM)**, η οποία ενοποιεί χρόνο, κόστος και πρόοδο σε ένα ενιαίο σύστημα ελέγχου.

Η μέθοδος EVM θεωρείται διεθνώς μία από τις πιο αξιόπιστες πρακτικές project controls, καθώς επιτρέπει όχι μόνο την αποτύπωση της τρέχουσας κατάστασης, αλλά και την έγκαιρη πρόβλεψη μελλοντικών αποκλίσεων. Στο πλαίσιο ενός σύνθετου ξενοδοχειακού έργου, όπου συνυπάρχουν πολλές εργολαβίες, παράλληλες δραστηριότητες και υψηλές απαιτήσεις ποιότητας, η χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

Η λογική της μεθόδου βασίζεται σε τρία βασικά μεγέθη:

- **Planned Value (PV):** η προγραμματισμένη αξία εργασιών που θα έπρεπε να έχει ολοκληρωθεί έως μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.
- **Earned Value (EV):** η πραγματική αξία της εργασίας που έχει ολοκληρωθεί μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή, αποτιμημένη σε όρους προϋπολογισμού.
- **Actual Cost (AC):** το πραγματικό κόστος που έχει ήδη δαπανηθεί.

Από τα παραπάνω προκύπτουν δύο κρίσιμοι δείκτες:

$$SPI = EV / PV$$

(Δείκτης Απόδοσης Χρονοδιαγράμματος)

$$CPI = EV / AC$$

(Δείκτης Απόδοσης Κόστους)

Η ερμηνεία των δεικτών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη:

- **SPI < 1** σημαίνει ότι το έργο καθυστερεί σε σχέση με το βασικό πρόγραμμα.
- **SPI = 1** σημαίνει ότι η πρόοδος ακολουθεί ακριβώς τον προγραμματισμό.
- **SPI > 1** σημαίνει ότι το έργο προηγείται χρονικά.

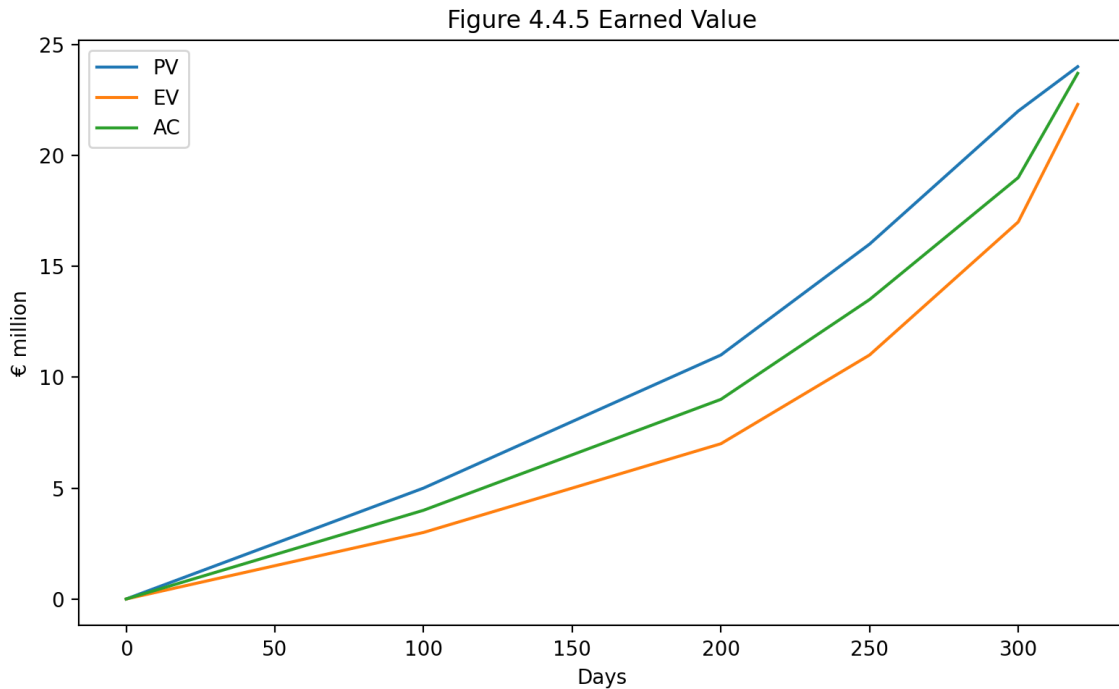
Αντίστοιχα:

- **CPI < 1** σημαίνει ότι το έργο δαπανά περισσότερα από όσα παράγει (υπέρβαση κόστους).
- **CPI = 1** σημαίνει οικονομική ισορροπία.
- **CPI > 1** σημαίνει αποδοτική χρήση πόρων.

Σε ένα resort έργο διάρκειας 606 ημερών, η αξία της μεθόδου είναι ακόμη μεγαλύτερη, διότι η διοίκηση μπορεί να εντοπίζει σε ποια φάση δημιουργούνται αποκλίσεις. Για παράδειγμα, εάν κατά τη φάση H/M εγκαταστάσεων το SPI υποχωρήσει κάτω από τη μονάδα, η διοίκηση μπορεί να αναγνωρίσει έγκαιρα ότι οι δραστηριότητες ηλεκτρολογικών ή υδραυλικών εξελίσσονται βραδύτερα από το αναμενόμενο. Αν παράλληλα ο CPI είναι επίσης κάτω από τη μονάδα, τότε το έργο βρίσκεται σε διπλή πίεση: καθυστερεί και ταυτόχρονα υπερβαίνει το προϋπολογισμένο κόστος.

Η χρήση EVM επιτρέπει επιπλέον τη διαμόρφωση προβλέψεων τελικής επίδοσης. Εφόσον οι δείκτες παρουσιάζουν σταθερή τάση, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί τόσο το πιθανό τελικό κόστος όσο και η πιθανή τελική διάρκεια. Με αυτόν τον τρόπο, η διοίκηση έργου δεν λειτουργεί αντιδραστικά, αλλά προληπτικά.

Για το εξεταζόμενο έργο, η εφαρμογή της μεθόδου προτείνεται σε μηνιαία βάση, με σύνδεση των στοιχείων από το χρονοδιάγραμμα του MS Project και των οικονομικών στοιχείων από το Excel. Η διαδικασία αυτή θα επιτρέψει τη δημιουργία dashboard ελέγχου, μέσω του οποίου ο κύριος του έργου, ο project manager και οι οικονομικοί ελεγκτές θα μπορούν να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο την πορεία της επένδυσης.



(Καμπύλη Planned Value, Earned Value και Actual Cost στον χρόνο)

Η γραφική αυτή απεικόνιση είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς δείχνει άμεσα εάν το έργο βρίσκεται μπροστά ή πίσω χρονικά, καθώς και αν καταναλώνει περισσότερους πόρους από όσους δικαιολογεί η πρόοδός του.

Συνολικά, η μέθοδος Earned Value Management αποτελεί αναγκαίο εργαλείο για την επαγγελματική διοίκηση του συγκεκριμένου έργου, διότι μετατρέπει τα αποσπασματικά στοιχεία κόστους και προόδου σε ολοκληρωμένη πληροφορία διοίκησης. Σε περιβάλλον σύνθετων επενδύσεων, η αξία της δεν έγκειται μόνο στον έλεγχο, αλλά κυρίως στη δυνατότητα έγκαιρης λήψης διορθωτικών αποφάσεων.

4.4.8 Συνολικό Συμπέρασμα

Η επεξεργασία των πραγματικών δεδομένων του έργου αποδεικνύει ότι η επιτυχία μιας επένδυσης τέτοιου μεγέθους δεν εξαρτάται μόνο από το τελικό κόστος ή την ημερομηνία παράδοσης, αλλά από την ισορροπία μεταξύ τεσσάρων μεταβλητών:

- χρόνου,
- κόστους,
- ανθρώπινων πόρων,

- χρηματοροών.

Το συγκεκριμένο έργο εμφανίζει ισχυρή εξάρτηση από architectural quality spending, υψηλή ανάγκη συντονισμού manpower στη Φάση Γ και σημαντική ευαισθησία σε concrete / HVAC categories. Επομένως, η διοίκηση πρέπει να δώσει έμφαση στον έγκαιρο έλεγχο αυτών των περιοχών, ώστε να προστατευθεί ο στόχος ολοκλήρωσης εντός 606 ημερών και εντός οικονομικού πλαισίου.

4.5 Κρίσιμες Παράμετροι Επιτυχίας, Πηγές Απόκλισης και Διοικητική Αποτίμηση της Μελέτης Περίπτωσης

Η ανάλυση μιας μελέτης περίπτωσης δεν ολοκληρώνεται με την απλή παρουσίαση του προϋπολογισμού, του χρονοδιαγράμματος ή της δομής των εργασιών. Η ουσιαστική επιστημονική προσέγγιση απαιτεί την ερμηνεία των μηχανισμών που καθορίζουν την επιτυχία ή την αποτυχία του έργου, καθώς και την αναγνώριση των παραγόντων που δύνανται να προκαλέσουν αποκλίσεις από τους αρχικούς στόχους. Στο πλαίσιο αυτό, το παρόν υποκεφάλαιο επιχειρεί να μεταβεί από την περιγραφική αποτύπωση των δεδομένων σε κριτική και διοικητική ανάλυση.

Το εξεταζόμενο έργο, ως ξενοδοχειακή μονάδα μεγάλης κλίμακας σε νησιωτική περιοχή της Ελλάδας, εμφανίζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά πολυπλοκότητας. Ο συνδυασμός υψηλού επενδυτικού κόστους, μεγάλου αριθμού επιμέρους δραστηριοτήτων, απαιτήσεων πολυτελούς τελικού προϊόντος, αυξημένων τεχνικών προδιαγραφών και γεωγραφικών περιορισμών δημιουργεί ένα περιβάλλον όπου η διοίκηση του έργου δεν μπορεί να στηριχθεί σε τυποποιημένες πρακτικές. Αντίθετα, απαιτείται συνεχής προσαρμογή, ενεργή παρακολούθηση και έγκαιρη λήψη αποφάσεων.

Η ανάλυση που ακολουθεί οργανώνεται γύρω από τρεις βασικούς άξονες: τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας, τις κύριες πηγές απόκλισης και τα συνολικά διοικητικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη.

4.5.1 Κρίσιμες Παράμετροι Επιτυχίας σε Έργα Resort Μεγάλης Κλίμακας

Η διεθνής βιβλιογραφία δείχνει ότι τα έργα φιλοξενίας διαφέρουν ουσιαστικά από άλλα κτιριακά έργα, καθώς δεν αρκεί η τεχνική ολοκλήρωση του αντικειμένου. Το τελικό προϊόν αξιολογείται από τον χρήστη με βάση την εμπειρία, την αισθητική, την άνεση, την τεχνολογική λειτουργία και την ποιότητα εξυπηρέτησης. Συνεπώς, η

επιτυχία του έργου δεν μετράται μόνο με όρους κόστους και χρόνου, αλλά και με όρους λειτουργικής αξίας.

Στο συγκεκριμένο έργο, πρώτος κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας αναδεικνύεται η **σωστή χρονική αλληλουχία των δραστηριοτήτων**. Η διάρκεια των περίπου 606 ημερών δεν επιτρέπει μεγάλες αστοχίες sequencing, ιδιαίτερα όταν πολλές εργασίες εκτελούνται παράλληλα. Εάν, για παράδειγμα, καθυστερήσουν τα δίκτυα MEP σε μια πτέρυγα δωματίων, τότε μετατίθενται αυτόματα οι εργασίες ξηράς δόμησης, επιχρισμάτων, βαφών, FF&E και commissioning. Αυτό σημαίνει ότι μία καθυστέρηση σε μία ειδικότητα μπορεί να δημιουργήσει αλυσιδωτό αποτέλεσμα σε πλήθος επόμενων δραστηριοτήτων.

Δεύτερος κρίσιμος παράγοντας αποτελεί η **ποιότητα εργοταξιακού συντονισμού**. Σε μεγάλα resort projects λειτουργούν ταυτόχρονα πολιτικοί μηχανικοί, αρχιτέκτονες, ηλεκτρολόγοι, μηχανολόγοι, εργολάβοι δωματίων, προμηθευτές εξοπλισμού και εξωτερικά συνεργεία landscape. Ελλιπής συντονισμός μεταξύ αυτών των φορέων δημιουργεί συγκρούσεις χώρων εργασίας, αναμονές συνεργείων, ανάγκη επανασχεδιασμού και αύξηση έμμεσου κόστους.

Τρίτος παράγοντας είναι η **διαχείριση ποιότητας σε συνθήκες πίεσης χρόνου**. Σε έργα φιλοξενίας υψηλών απαιτήσεων, η πίεση για έγκαιρη παράδοση συχνά έρχεται σε σύγκρουση με την ανάγκη υψηλής αισθητικής ποιότητας. Η βεβιασμένη ολοκλήρωση εργασιών μπορεί να μειώσει τον χρόνο παράδοσης αλλά να αυξήσει δραματικά το rework κατά την τελική φάση.

Τέταρτος παράγοντας είναι η **οικονομική πειθαρχία και διαχείριση μεταβολών**. Σε έργα τέτοιου τύπου, μικρές σχεδιαστικές αλλαγές σε δωμάτια, κοινόχρηστους χώρους ή υλικά επένδυσης μπορούν να προκαλέσουν σημαντική αύξηση κόστους, ιδίως όταν εφαρμόζονται σε μεγάλο αριθμό μονάδων.

Πίνακας 4.5.1 – Critical Success Factors (CSFs)

Παράγοντας Επιτυχίας	Περιγραφή	Επίδραση στο Έργο	Προτεραιότητα
 Σωστή αλληλουχία εργασιών (Sequencing)	Ορθή σειρά και λογική ροή εργασιών ώστε να αποφεύγονται εμπλοκές και καθυστερήσεις μεταξύ διαδοχικών δραστηριοτήτων.	Πολύ Υψηλή	1
 Συντονισμός εργολάβων & συνεργείων	Αποτελεσματικός συντονισμός όλων των εμπλεκόμενων για αποφυγή συγκρούσεων και αναμονών στο εργοτάξιο.	Πολύ Υψηλή	1
 Έλεγχος Ποιότητας	Συνεχής έλεγχος ποιότητας για μείωση επανεργασιών και διασφάλιση προδιαγραφών του έργου.	Υψηλή	2
 Οικονομικός Έλεγχος (Cost Control)	Παρακολούθηση κόστους, προϋπολογισμού και ταμειακών ροών για αποφυγή υπερβάσεων.	Υψηλή	2
 Διαχείριση Logistics (Νησιωτικότητα)	Εγκαιρος προγραμματισμός προμηθειών και μεταφορών λαμβάνοντας υπόψη τους γεωγραφικούς περιορισμούς και χρόνους παράδοσης.	Πολύ Υψηλή	1
 Διαχείριση Ανθρώπινου Δυναμικού	Διαθεσιμότητα, παραγωγικότητα και ασφάλεια εργαζομένων σε όλες τις φάσεις.	Υψηλή	2
 Διαχείριση Αλλαγών (Change Management)	Έλεγχος και αξιολόγηση αλλαγών σχεδιασμού και απαιτήσεων για περιορισμό επιπτώσεων σε χρόνο και κόστος.	Υψηλή	2
 Συνεχής Παρακολούθηση & Έλεγχος (Monitoring)	Χρήση δεικτών (KPIs), EVM και αναφορών προόδου για έγκαιρη λήψη διορθωτικών αποφάσεων.	Πολύ Υψηλή	1

4.5.2 Κύριες Πηγές Απόκλισης Χρόνου

Η ανάλυση του χρονοδιαγράμματος και των ιδιαιτεροτήτων του έργου οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι κυριότερες χρονικές αποκλίσεις σε αντίστοιχα έργα εμφανίζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες.

Πρώτη πηγή αποτελεί η **καθυστέρηση προμηθειών μακρού χρόνου παράδοσης (long lead items)**. Εξοπλισμοί όπως HVAC units, ηλεκτρικοί πίνακες, ειδικά κουφώματα, ανελκυστήρες και custom έπιπλα απαιτούν μήνες παραγωγής και μεταφοράς. Εάν η παραγγελία τους δεν ενεργοποιηθεί εγκαίρως, η τελική φάση του έργου καθυστερεί ανεξάρτητα από την πρόοδο των δομικών εργασιών.

Δεύτερη πηγή είναι η **μεταβλητότητα παραγωγικότητας εργατικού δυναμικού**. Η θεωρητική παραγωγή που προβλέπεται στον αρχικό προγραμματισμό σπάνια επαληθεύεται απόλυτα. Καιρικές συνθήκες, κόπωση προσωπικού, αλλαγές συνεργείων, έλλειψη supervision ή κακή εργοταξιακή οργάνωση επηρεάζουν σημαντικά τις πραγματικές αποδόσεις.

Τρίτη πηγή είναι οι **παράλληλες εργασίες σε περιορισμένο χώρο**. Σε ξενοδοχειακές πτέρυγες, πολλά συνεργεία καλούνται να εργαστούν ταυτόχρονα σε δωμάτια ή διαδρόμους. Αυτό δημιουργεί congestion effects, δηλαδή μείωση παραγωγικότητας λόγω συνωστισμού.

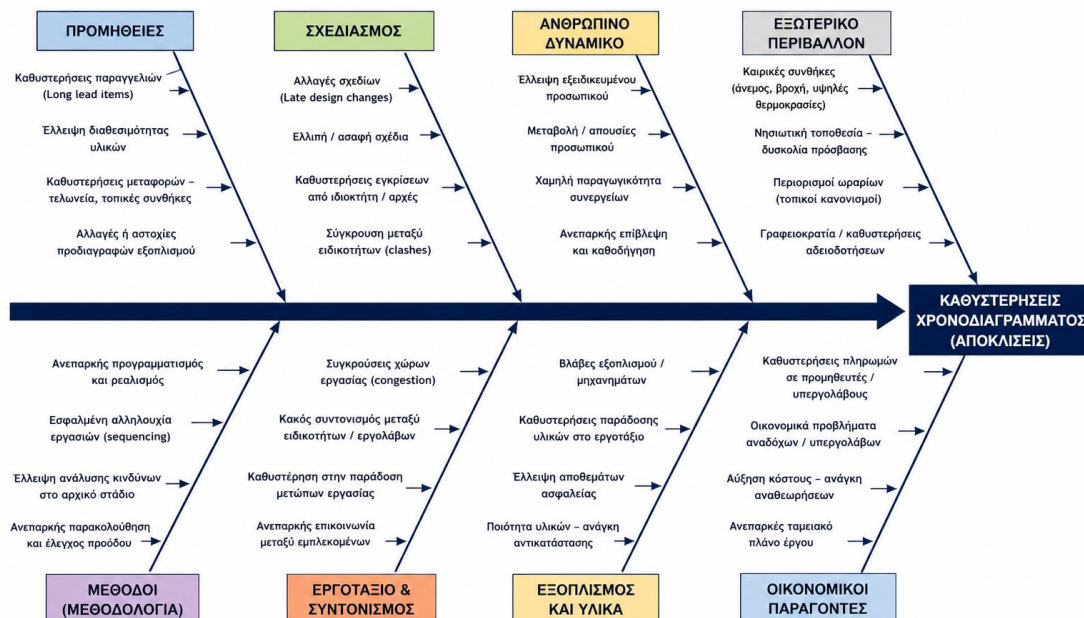
Τέταρτη πηγή είναι οι **σχεδιαστικές μεταβολές late stage**. Όσο πιο αργά γίνεται μία αλλαγή, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδρασή της στον χρόνο. Αλλαγή υλικού επένδυσης ή layout λουτρού σε τελικό στάδιο μπορεί να επηρεάσει παραγγελίες, τοποθετήσεις και δοκιμές.

Πίνακας 4.5.2 – Κύριες Πηγές Απόκλισης Χρόνου

Κατηγορία	Περιγραφή	Επίδραση στον Χρόνο	Πιθανότητα	Συνολικός Κίνδυνος
 Καθυστερήσεις Προμηθειών	Καθυστερήσεις σε προμήθειες εξοπλισμού μακρού χρόνου παράδοσης (HVAC units, ηλεκτρικοί πίνακες, κουφώματα, ανελκυστήρες, ειδικά έπιπλα κ.λπ.).	Πολύ Υψηλή	Υψηλή	Πολύ Υψηλός
 Μεταβλητότητα Παραγωγικότητας	Χαμηλότερη παραγωγικότητα από την προβλεπόμενη λόγω καιρικών συνθηκών, έλλειψης εμπειρίας, κόπωσης ή αλλαγών συνεργειών.	Υψηλή	Υψηλή	Πολύ Υψηλός
 Συγκρούσεις Χώρων & Συνεργειών	Παράλληλη εκτέλεση πολλών εργασιών σε περιορισμένο χώρο (congestion), προκαλώντας αναμονές και επαναπρογραμματισμό.	Υψηλή	Μέση	Υψηλός
 Σχεδιαστικές Μεταβολές Late Stage	Αλλαγές σχεδίων, υλικών ή προδιαγραφών σε προχωρημένο στάδιο που απαιτούν επανασχεδιασμό και επανατοποθετήσεις.	Υψηλή	Μέση	Υψηλός
 Καιρικές Συνθήκες	Αντίξοες καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν εξωτερικές εργασίες (σκυροδετήσεις, εγκαταστάσεις, διαμορφώσεις περιβάλλοντος χώρου).	Μέση	Μέση	Μέτριος
 Ελλιπής Προγραμματισμός & Συντονισμός	Ανεπαρκής λεπτομερής προγραμματισμός ή έλλειψη συντονισμού μεταξύ των εμπλεκόμενων οδηγεί σε κενά και καθυστερήσεις.	Υψηλή	Μέση	Υψηλός
 Έλλειψη Ανθρώπινου Δυναμικού / Εξειδίκευσης	Έλλειψη διαθέσιμων εξειδικευμένων συνεργειών στην απαιτούμενη χρονική περίοδο.	Υψηλή	Μέση	Υψηλός

Κλίμακα Κινδύνου: Χαμηλός (Πράσινο) – Μικρός (Κίτρινο) – Υψηλός (Πορτοκαλί) – Πολύ Υψηλός (Κόκκινο)

Σχήμα 4.5.1 – Fishbone Diagram: Αίτια Καθυστερήσεων Έργου



4.5.3 Κύριες Πηγές Απόκλισης Κόστους

Η οικονομική απόκλιση σε τέτοιου είδους έργα προκύπτει κυρίως από συνδυασμό τεσσάρων παραγόντων.

Ο πρώτος αφορά **ανατιμήσεις υλικών και εξοπλισμού**. Το έργο περιλαμβάνει σημαντικές ποσότητες σκυροδέματος, μηχανολογικού εξοπλισμού και ειδικών finishes. Μεταβολές στις διεθνείς αγορές μπορούν να μεταφερθούν άμεσα στον προϋπολογισμό.

Ο δεύτερος αφορά **παρατάσεις διάρκειας**. Κάθε επιπλέον μήνας λειτουργίας εργοταξίου συνεπάγεται κόστος διοίκησης, ενοικιάσεων, φύλαξης, utilities και supervision.

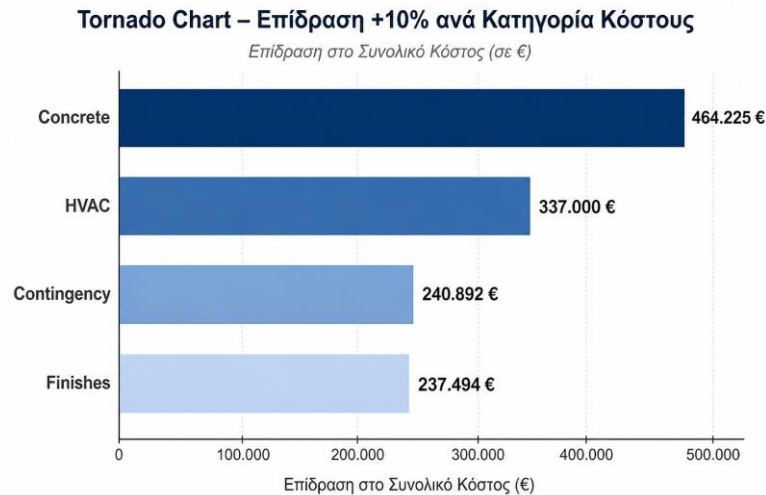
Ο τρίτος αφορά **χαμηλή παραγωγικότητα συνεργείων**. Όταν απαιτούνται περισσότερες ανθρωποώρες για την ίδια ποσότητα εργασίας, αυξάνεται το άμεσο κόστος.

Ο τέταρτος αφορά **rework και αστοχίες ποιότητας**. Η ανάγκη επανατοποθετήσεων, επισκευών ή αντικαταστάσεων αποτελεί μία από τις πιο υποτιμημένες πηγές υπέρβασης κόστους.

Πίνακας 4.5.3 – Κύριες Πηγές Υπέρβασης Κόστους

Κατηγορία	Περιγραφή	Επίδραση στο Κόστος	Πιθανότητα	Συνολικός Κίνδυνος
 Ανατιμήσεις Υλικών & Εξοπλισμού	Διακυμάνσεις στις τιμές δομικών υλικών, μηχανολογικού εξοπλισμού και ειδικών υλικών (π.χ. ξύλο, μέταλλα, εξοπλισμός HVAC, FF&E).	Πολύ Υψηλή	Υψηλή	Πολύ Υψηλός
 Παρατάσεις Διάρκειας (Χρονικές Καθυστερήσεις)	Επιπλέον χρόνος εργοταξίου λόγω καθυστερήσεων οδηγεί σε αυξημένα γενικά έξοδα, διοίκηση έργου, ενοικιάσεις εξοπλισμού, φύλαξη, utilities κ.λπ.	Πολύ Υψηλή	Υψηλή	Πολύ Υψηλός
 Χαμηλή Παραγωγικότητα Εργατικού Δυναμικού	Μειωμένη απόδοση συνεργείων λόγω έλλειψης εμπειρίας, κακού συντονισμού, πολλαπλών μετώπων εργασίας και συμφόρησης χώρου.	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλός
 Rework & Αστοχίες Ποιότητας	Επανεργασίες, επισκευές, αντικαταστάσεις και διορθώσεις λόγω κακής ποιότητας κατασκευής ή λανθασμένης εφαρμογής.	Υψηλή	Μέση	Υψηλός
 Αλλαγές Scope & Σχεδιασμού	Μεταβολές στις απαιτήσεις του έργου ή στο σχεδιασμό που αυξάνουν ποσότητες εργασιών και κόστος υλικών.	Υψηλή	Μέση	Υψηλός
 Προβλήματα Logistics & Μεταφορών	Αυξημένα κόστη μεταφοράς σε νησιωτική περιοχή, καθυστερήσεις παραδόσεων και περιορισμένη διαθεσιμότητα πόρων.	Μέση	Μέση	Μέτριος
 Κίνδυνοι Ασφάλειας & Ατυχημάτων	Ατυχήματα και παραβάσεις ασφαλείας που οδηγούν σε διακοπές εργασιών, πρόστιμα και αυξημένα κόστη ασφαλιστικών αποζημιώσεων.	Μέση	Χαμηλή	Χαμηλός
 Πληθωρισμός & Μακροοικονομικοί Παράγοντες	Γενικότερες οικονομικές συνθήκες που επηρεάζουν το κόστος εργασίας, καυσίμων και χρηματοδότησης.	Μέση	Μέση	Μέτριος

Κλίμακα Κινδύνου: Χαμηλός (Πράσινο) – Μέτριος (Κίτρινο) – Υψηλός (Πορτοκαλί) – Πολύ Υψηλός (Κόκκινο)



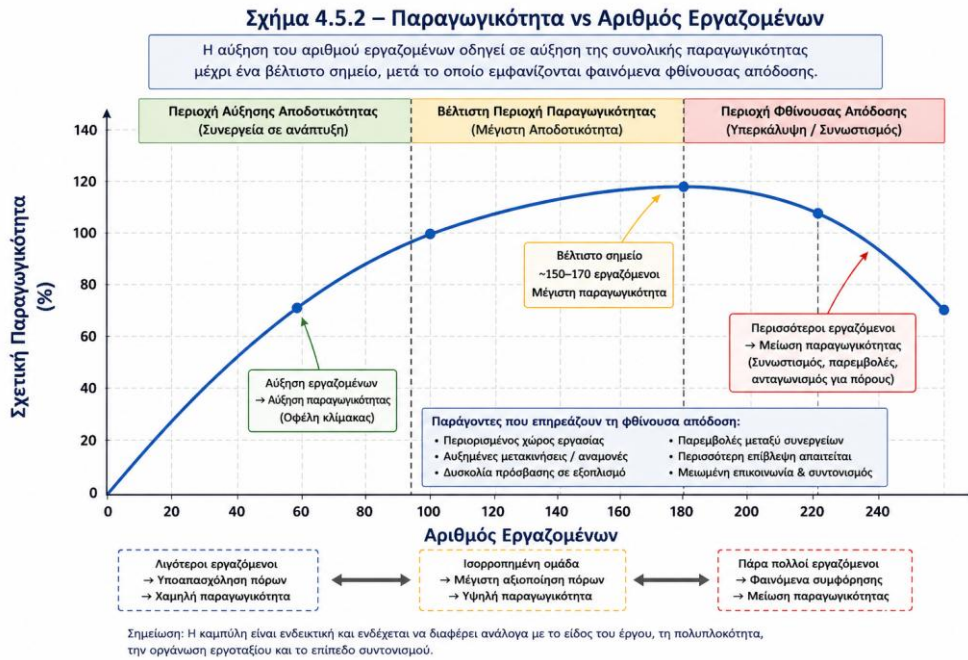
4.5.4 Διοικητική Ερμηνεία της Φάσης Κορύφωσης

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η φάση κατά την οποία στο έργο δραστηριοποιούνται περίπου 180 εργαζόμενοι κατά μέσο όρο, με πιθανή αύξηση σε περιόδους κορύφωσης. Η φάση αυτή συμπίπτει συνήθως με την παράλληλη εκτέλεση:

- ξηράς δόμησης,
- ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων,
- υδραυλικών δικτύων,
- HVAC,
- δωματίων και finishing works,
- εξωτερικών διαμορφώσεων.

Σε διοικητικό επίπεδο, η φάση αυτή είναι η πλέον επικίνδυνη. Παρά την υψηλή ορατή δραστηριότητα, είναι το σημείο όπου δημιουργούνται οι περισσότερες απώλειες αποδοτικότητας. Το πλήθος συνεργείων δημιουργεί ανταγωνισμό για πρόσβαση σε χώρους, ανυψωτικά μέσα, προσωρινές παροχές και supervision.

Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η αύξηση προσωπικού πέραν ορισμένου σημείου ακολουθεί νόμο φθίνουσας απόδοσης. Δηλαδή, η αύξηση 20% σε εργαζομένους δεν συνεπάγεται αύξηση 20% στην παραγωγή.



4.5.5 Διοικητικές Στρατηγικές Μετριασμού Κινδύνων

Με βάση τα παραπάνω, για έργα αυτού του τύπου προτείνονται συγκεκριμένες στρατηγικές διοίκησης:

Η πρώτη είναι η **έγκαιρη προμήθεια κρίσιμων υλικών**, ακόμη και πριν την πλήρη ανάγκη εγκατάστασής τους. Το κόστος πρόωρης αποθήκευσης συχνά είναι μικρότερο από το κόστος καθυστέρησης.

Η δεύτερη είναι η **rolling wave planning**, δηλαδή λεπτομερής επανασχεδίαση μόνο των επόμενων 4–8 εβδομάδων, αντί άκαμπτης προσκόλλησης σε μακροπρόθεσμο baseline.

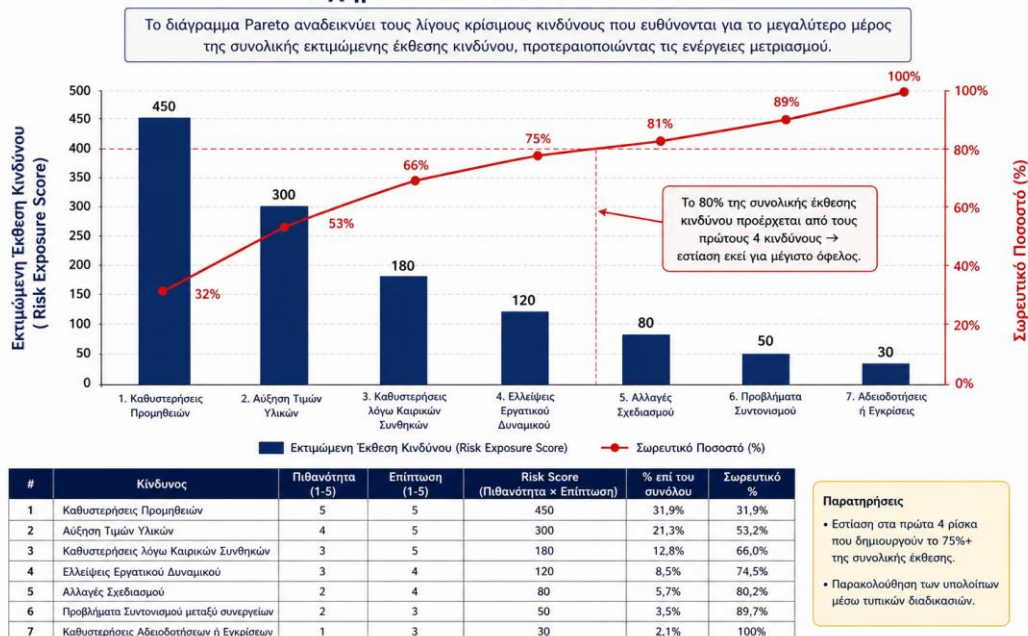
Η τρίτη είναι η **ζωνική οργάνωση χώρων**. Το έργο χωρίζεται σε ζώνες και κάθε συνεργείο εισέρχεται μόνο όταν έχει απελευθερωθεί ο χώρος από το προηγούμενο.

Η τέταρτη είναι η **συνεχής χρήση KPIs**, όπως:

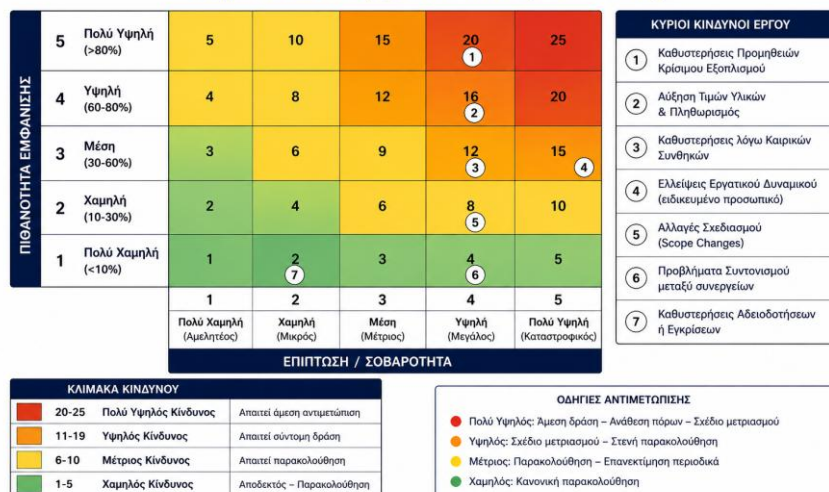
- SPI
- CPI
- παραγωγικότητα ανά συνεργείο
- open defects

- procurement status

Σχήμα 4.5.4 – Pareto Risk Chart



Σχήμα 4.5.3 – Μήτρα Κινδύνων (Risk Matrix)



Πίνακας 4.5.4 – KPI Dashboard (Παρακολούθηση Έργου)

#	Κατηγορία KPI	Περιγραφή	Τύπος / Υπολογισμός	Στόχος (Target)	Τρέχουσα Τιμή (Ενδεικτικά)	Κατάσταση
1	 Δείκτης Απόδοσης Χρονοδιαγράμματος (SPI)	Μετρά την απόδοση του έργου σε σχέση με το χρονοδιάγραμμα.	EV / PV	$\geq 1,00$	0,92	
2	 Δείκτης Απόδοσης Κόστους (CPI)	Μετρά την απόδοση κόστους σε σχέση με τον προϋπολογισμό.	EV / AC	$\geq 1,00$	0,94	
3	 Παραγωγικότητα Εργατικού Δυναμικού	Κόστος εργασίας ανά πραγματική παραγόμενη αξία.	Συνολικό Κόστος Εργασίας / Συνολικό EV	Βελτίωση	28,5 € / h	
4	 Ποσοστό Ολοκλήρωσης (Physical Progress)	Ποσοστό φυσικής προόδου έργου.	Ολοκληρωμένες Μονάδες / Σύνολο Μονάδων	Σύμφωνα με Baseline	83%	
5	 Δείκτης Προμηθειών (Procurement Performance)	Ποσοστό κρίσιμων προμηθειών που παραδόθηκαν εγκαίρως.	Εμπρόθεσμες Προμήθειες / Σύνολο Κρίσιμων Προμηθειών	$\geq 90\%$	78%	
6	 Ανοικτά Θέματα (Open Issues)	Αριθμός ανοικτών θεμάτων που απαιτούν ενέργεια.	Σύνολο Ανοικτών Θεμάτων	Μείωση	26	
7	 Περιστατικά Ασφαλείας (Safety Incidents)	Αριθμός περιστατικών ασφαλείας / 100.000 ώρες εργασίας.	(Σύνολο Περιστατικών / Συνολικές Ώρες Εργασίας) x 100.000	0	1,8	
8	 Ποιότητα Κατασκευής (Quality Performance)	Ποσοστό εργασιών που περνούν τον πρώτο έλεγχο ποιότητας.	Εργασίες Χωρίς Επαναληπτικό Έλεγχο / Σύνολο Εργασιών	$\geq 95\%$	91%	
9	 Απόκλιση Κόστους (Cost Variance)	Απόκλιση κόστους σε € από τον προϋπολογισμό.	EV – AC	$\geq 0 \text{ €}$	-1.250.000 €	
10	 Απόκλιση Χρόνου (Schedule Variance)	Απόκλιση χρόνου σε ημέρες από το baseline.	EV – PV (σε ημέρες)	$\geq 0 \text{ ημέρες}$	-18 ημέρες	

 Πράσινο: Εντός στόχου
  Κίτρινο: Προειδοποίηση (απαιτεί παρακολούθηση)
  Κόκκινο: Εκτός στόχου (απαιτεί άμεση ενέργεια)

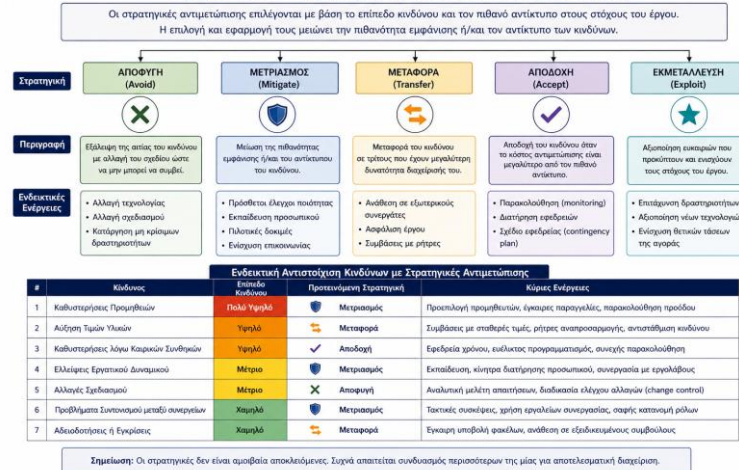
4.5.6 Συνολική Διοικητική Αποτίμηση της Μελέτης Περίπτωσης

Η μελέτη δείχνει ότι ένα resort project τέτοιας κλίμακας δεν διοικείται αποτελεσματικά μόνο με τεχνική εμπειρία ή μόνο με οικονομικό έλεγχο. Απαιτείται υβριδικό μοντέλο διοίκησης που συνδυάζει:

- engineering logic,
- οικονομική πειθαρχία,
- operational planning,
- risk anticipation,
- stakeholder coordination.

Η αξία του case study είναι ότι αποτυπώνει με ρεαλιστικό τρόπο την πολυπαραγοντική φύση των σύγχρονων επενδύσεων φιλοξενίας. Ο χρόνος, το κόστος και η ποιότητα δεν αποτελούν ανεξάρτητους στόχους, αλλά αλληλοεξαρτώμενες μεταβλητές.

Σχήμα 4.5.5 – Στρατηγικές Αντιμετώπισης Κινδύνων

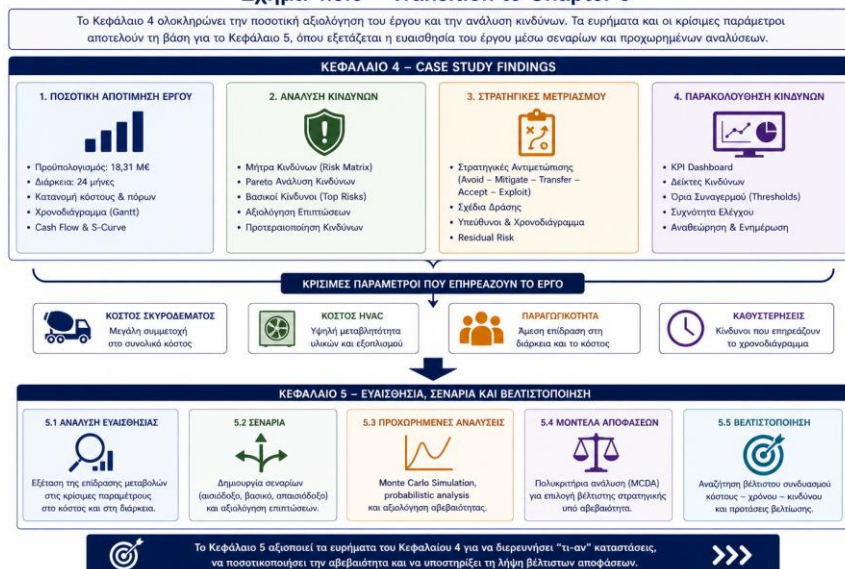


4.5.7 Συμπέρασμα και Μετάβαση στο Κεφάλαιο 5

Η παρούσα ανάλυση κατέδειξε ότι οι σημαντικότερες πηγές κινδύνου και απόκλισης εντοπίζονται στη μεταβλητότητα παραγωγικότητας, στα logistics, στις προμήθειες κρίσιμων υλικών, στις φάσεις υψηλής ταυτόχρονης δραστηριότητας και στις οικονομικά βαριές κατηγορίες κόστους.

Η διαπίστωση αυτή δημιουργεί το κατάλληλο επιστημονικό υπόβαθρο για το επόμενο κεφάλαιο της εργασίας, όπου θα αναπτυχθεί ποσοτική **ανάλυση ευαισθησίας και βελτιστοποίηση σεναρίων**, με στόχο την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας του έργου σε μεταβολές κρίσιμων παραμέτρων.

Σχήμα 4.5.6 – Transition to Chapter 5



4.6 Συνοπτικά Συμπεράσματα Κεφαλαίου 4 και Μετάβαση στην Ποσοτική Ανάλυση

Η παρούσα μελέτη περίπτωσης ανέδειξε με συστηματικό και τεκμηριωμένο τρόπο την πολυδιάστατη φύση της διοίκησης ενός σύγχρονου κατασκευαστικού έργου μεγάλης κλίμακας στον κλάδο της φιλοξενίας. Η εξέταση του συγκεκριμένου resort project κατέδειξε ότι η επιτυχία ενός τέτοιου εγχειρήματος δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την τεχνική αρτιότητα του σχεδιασμού ή από την επάρκεια των οικονομικών πόρων, αλλά από την ικανότητα ολοκληρωμένης διαχείρισης ενός σύνθετου συστήματος αλληλεξαρτώμενων μεταβλητών, στο οποίο ο χρόνος, το κόστος, η παραγωγικότητα, ο κίνδυνος και η ποιότητα λειτουργούν ταυτόχρονα και δυναμικά.

Η ανάλυση του έργου κατέδειξε ότι η χρονική διάσταση αποτελεί κρίσιμο άξονα διοίκησης. Η συνολική διάρκεια των περίπου 606 ημερών δεν συνιστά απλώς μια αριθμητική πρόβλεψη, αλλά ένα πλαίσιο εντός του οποίου πρέπει να συγχρονιστούν εκατοντάδες επιμέρους δραστηριότητες, πολλαπλές ειδικότητες, συμβατικές δεσμεύσεις και επιχειρησιακοί στόχοι. Το χρονοδιάγραμμα, επομένως, δεν αντιμετωπίζεται ως στατικό εργαλείο παρακολούθησης, αλλά ως δυναμικός μηχανισμός λήψης αποφάσεων, ο οποίος οφείλει να επικαιροποιείται συνεχώς σύμφωνα με τις πραγματικές συνθήκες του εργοταξίου.

Παράλληλα, η οικονομική ανάλυση κατέδειξε ότι ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου δεν αποτελεί ένα ενιαίο και αμετάβλητο μέγεθος, αλλά ένα άθροισμα ετερογενών κατηγοριών κόστους με διαφορετικό βαθμό ευαισθησίας και κινδύνου. Η διάκριση μεταξύ κύριων cost drivers και δευτερευουσών δαπανών ανέδειξε ότι ορισμένες κατηγορίες, όπως το σκυρόδεμα, τα Η/Μ συστήματα, τα finishes και οι γενικές εργοταξιακές δαπάνες, διαθέτουν δυσανάλογη επιρροή στον τελικό προϋπολογισμό. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώνει ότι ο αποτελεσματικός οικονομικός έλεγχος δεν βασίζεται σε οριζόντια παρακολούθηση όλων των κωδικών με τον ίδιο τρόπο, αλλά σε στοχευμένη διοικητική εστίαση στις οικονομικά κρίσιμες μεταβλητές.

Η μελέτη περίπτωσης ανέδειξε επίσης τη σημασία της παραγωγικότητας του ανθρώπινου δυναμικού. Η μέση παρουσία περίπου 180 εργαζομένων, με αναμενόμενες αυξήσεις σε φάσεις κορύφωσης, καταδεικνύει ότι το εργατικό

δυναμικό αποτελεί κεντρικό παραγωγικό συντελεστή. Ωστόσο, η ανάλυση επιβεβαίωσε ότι η αύξηση των διαθέσιμων συνεργειών δεν οδηγεί πάντοτε σε ανάλογη αύξηση παραγωγής. Αντίθετα, σε περιόδους υψηλής πυκνότητας δραστηριοτήτων ενδέχεται να εμφανιστούν φαινόμενα συμφόρησης, περιορισμένης πρόσβασης σε χώρους, παρεμβολών μεταξύ ειδικοτήτων και μείωσης της αποδοτικότητας. Συνεπώς, η διοίκηση ανθρώπινων πόρων σε τέτοια έργα δεν είναι απλώς θέμα ποσοτήτων, αλλά ζήτημα ισορροπημένης κατανομής, sequencing και εργοταξιακού συντονισμού.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στη διαχείριση κινδύνου. Μέσω της ποιοτικής και ποσοτικής αξιολόγησης αναδείχθηκαν ως βασικές πηγές αβεβαιότητας οι καθυστερήσεις προμηθειών, οι ανατιμήσεις υλικών, οι σχεδιαστικές μεταβολές, οι κλιματολογικοί παράγοντες, οι δυσχέρειες logistics λόγω νησιωτικότητας και οι αποκλίσεις παραγωγικότητας. Η αποτύπωση αυτών των κινδύνων μέσω μητρώων αξιολόγησης, Pareto charts και dashboards κατέδειξε ότι η διαχείριση κινδύνου δεν μπορεί να λειτουργεί περιφερειακά ή αποσπασματικά, αλλά πρέπει να ενσωματώνεται στον πυρήνα του project controls framework.

Η εφαρμογή δεικτών Earned Value Management προσέφερε ένα πρόσθετο επίπεδο ωριμότητας στην ανάλυση. Η σύγκριση Planned Value, Earned Value και Actual Cost καταδεικνύει ότι η πρόοδος ενός έργου δεν μπορεί να αξιολογείται μόνο από το ποσοστό ολοκλήρωσης ή από τις πραγματοποιηθείσες δαπάνες μεμονωμένα. Η πραγματική εικόνα προκύπτει από τη συσχέτιση χρόνου, κόστους και φυσικής προόδου, γεγονός που καθιστά τη μεθοδολογία EVM εξαιρετικά χρήσιμη για έργα υψηλής πολυπλοκότητας.

Από διοικητική σκοπιά, το σημαντικότερο συμπέρασμα του κεφαλαίου είναι ότι τα μεγάλα ξενοδοχειακά έργα απαιτούν ολοκληρωμένο σύστημα διοίκησης και όχι αποσπασματικές πρακτικές ελέγχου. Η επιτυχής υλοποίηση προϋποθέτει τη συνδυαστική λειτουργία τεχνικού σχεδιασμού, οικονομικής πειθαρχίας, χρονοπρογραμματισμού, risk management, procurement control και real-time reporting. Όταν οι λειτουργίες αυτές παραμένουν αποσυνδεδεμένες, αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα καθυστερήσεων, υπερβάσεων και ποιοτικών αποκλίσεων.

Η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει επίσης ότι τα ψηφιακά εργαλεία, όπως το Microsoft Project και τα δυναμικά μοντέλα Excel, μπορούν να λειτουργήσουν

αποτελεσματικά ως πλατφόρμες υποστήριξης αποφάσεων, ακόμη και χωρίς την απαραίτητη χρήση πιο σύνθετων εξειδικευμένων λογισμικών. Υπό την προϋπόθεση σωστής δομής δεδομένων και συστηματικής ενημέρωσης, τα εργαλεία αυτά επαρκούν για την ανάπτυξη αξιόπιστων μοντέλων cash flow, sensitivity analysis, progress control και KPI monitoring.

Ωστόσο, παρά την πληρότητα της παρούσας ανάλυσης, καθίσταται σαφές ότι η περιγραφική και διαγνωστική προσέγγιση δεν αρκεί για να υποστηρίξει πλήρως τη στρατηγική λήψη αποφάσεων. Η αναγνώριση των κρίσιμων μεταβλητών δημιουργεί την ανάγκη για βαθύτερη ποσοτική διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι μεταβολές τους επηρεάζουν την απόδοση του έργου. Εδώ ακριβώς εδράζεται η μετάβαση στο επόμενο κεφάλαιο.

Το Κεφάλαιο 5 θα αξιοποιήσει τα ευρήματα της παρούσας μελέτης περίπτωσης και θα προχωρήσει σε αναλυτική διερεύνηση της ευαισθησίας του έργου μέσω σεναρίων, παραμετρικών μεταβολών και μοντέλων αξιολόγησης. Θα εξεταστεί, μεταξύ άλλων, η επίδραση μεταβολών σε κατηγορίες κόστους, η επίδραση αποκλίσεων παραγωγικότητας στη διάρκεια, οι εναλλακτικές στρατηγικές κατανομής πόρων, καθώς και η ανθεκτικότητα του έργου υπό διαφορετικές συνθήκες αβεβαιότητας.

Με τον τρόπο αυτό, η εργασία μεταβαίνει από την αποτύπωση της πραγματικότητας στην ποσοτική προσομοίωση και από την αναδρομική αξιολόγηση στη μελλοντοστραφή υποστήριξη αποφάσεων. Η μετάβαση αυτή είναι κρίσιμη, διότι αντανακλά τη σύγχρονη φιλοσοφία διοίκησης έργων: όχι απλώς κατανόηση του τι συνέβη ή τι συμβαίνει, αλλά πρόβλεψη του τι ενδέχεται να συμβεί και προετοιμασία κατάλληλων στρατηγικών αντίδρασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ, ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

5.1 Εισαγωγή και Σκοπός της Ανάλυσης Ευαισθησίας

Το προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας επικεντρώθηκε στη συστηματική παρουσίαση της μελέτης περίπτωσης, η οποία αφορά την ανάπτυξη και υλοποίηση ξενοδοχειακού έργου μεγάλης κλίμακας τύπου resort στην ελληνική νησιωτική επικράτεια. Μέσα από την ανάλυση του φυσικού αντικειμένου, της οργανωτικής δομής, του προϋπολογισμού, του χρονοδιαγράμματος, των αναγκών στελέχωσης και των βασικών πηγών κινδύνου, κατέστη σαφές ότι το εξεταζόμενο έργο αποτελεί ένα σύνθετο και πολυπαραγοντικό σύστημα. Η επιτυχία του δεν εξαρτάται από μία μόνο μεταβλητή, αλλά από την ταυτόχρονη και ισορροπημένη διαχείριση του χρόνου, του κόστους, της παραγωγικότητας, της ποιότητας, των προμηθειών και των εξωτερικών περιορισμών.

Η παρατήρηση αυτή οδηγεί φυσικά στην ανάγκη μετάβασης από την περιγραφική και διαγνωστική ανάλυση σε ένα περισσότερο δυναμικό και ερμηνευτικό πλαίσιο διερεύνησης. Η απλή αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης ενός έργου, όσο λεπτομερής και αν είναι, δεν επαρκεί για την πλήρη κατανόηση της συμπεριφοράς του. Στη διοίκηση έργων, το κρίσιμο ερώτημα δεν είναι μόνο ποια είναι η τρέχουσα δομή ενός έργου, αλλά πώς αυτή η δομή αντιδρά όταν μεταβάλλονται βασικές παράμετροι. Με άλλα λόγια, η αποτελεσματική διοίκηση δεν στηρίζεται αποκλειστικά στην καταγραφή δεδομένων, αλλά στην ικανότητα πρόβλεψης, αξιολόγησης και προετοιμασίας απέναντι σε εναλλακτικές εξελίξεις.

Σε αυτό ακριβώς το σημείο εντάσσεται η έννοια της ανάλυσης ευαισθησίας. Η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μεθοδολογικές προσεγγίσεις στη σύγχρονη διοίκηση έργων, στην οικονομική ανάλυση επενδύσεων και στη διαχείριση κινδύνου. Μέσω αυτής εξετάζεται ο βαθμός στον οποίο μεταβάλλεται ένα αποτέλεσμα, όταν αλλάζουν μία ή περισσότερες εισροές του συστήματος. Στο πλαίσιο ενός τεχνικού έργου, το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να είναι η

συνολική διάρκεια, ο τελικός προϋπολογισμός, η μηνιαία ταμειακή επιβάρυνση, η αποδοτικότητα των πόρων ή ακόμη και η πιθανότητα επίτευξης συμβατικών στόχων.

Η σημασία της ανάλυσης ευαισθησίας είναι ιδιαίτερα αυξημένη στα κατασκευαστικά έργα μεγάλης κλίμακας, διότι τα έργα αυτά αναπτύσσονται σε περιβάλλοντα όπου κυριαρχεί η αβεβαιότητα. Οι αρχικές εκτιμήσεις βασίζονται σε τεχνικές μελέτες, προσφορές, υποθέσεις αγοράς και παραδοχές παραγωγικότητας, οι οποίες σπάνια παραμένουν αμετάβλητες σε όλη τη διάρκεια υλοποίησης. Οι τιμές των υλικών ενδέχεται να μεταβληθούν, οι χρόνοι παράδοσης να αυξηθούν, οι εργολάβοι να παρουσιάσουν αποκλίσεις, οι καιρικές συνθήκες να επηρεάσουν την πρόοδο ή ο κύριος του έργου να ζητήσει τροποποιήσεις. Επομένως, κάθε αρχικός προγραμματισμός πρέπει να θεωρείται ένα σενάριο αναφοράς και όχι αμετάβλητη πραγματικότητα.

Στην περίπτωση του εξεταζόμενου ξενοδοχειακού έργου (resort project), η ανάγκη εφαρμογής ανάλυσης ευαισθησίας είναι ακόμη πιο έντονη. Το έργο διαθέτει συνολικό προϋπολογισμό περίπου 43,7 εκατομμυρίων ευρώ, διάρκεια περίπου 606 ημερών και σημαντικές απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό, με μέσο όρο περίπου 180 εργαζομένων και αυξημένες κορυφώσεις σε φάσεις έντονης παραγωγικής δραστηριότητας. Παράλληλα, πρόκειται για έργο που αναπτύσσεται σε νησιωτική περιοχή, στοιχείο που εισάγει πρόσθετες αβεβαιότητες σχετικές με τη μεταφορά υλικών, τη διαθεσιμότητα εξειδικευμένων συνεργείων, την εποχικότητα μετακινήσεων και τις τοπικές δυνατότητες εφοδιασμού.

Η φύση ενός ξενοδοχειακού έργου υψηλών προδιαγραφών προσθέτει επιπλέον επίπεδα πολυπλοκότητας. Σε αντίθεση με άλλα έργα όπου προέχει κυρίως η λειτουργική ολοκλήρωση, στα ξενοδοχειακά έργα το τελικό προϊόν αξιολογείται έντονα και με όρους εμπειρίας χρήστη, αισθητικής ποιότητας, άνεσης, ενεργειακής απόδοσης και εμπορικής εικόνας. Αυτό σημαίνει ότι κατηγορίες κόστους όπως τα τελειώματα, ο μηχανολογικός εξοπλισμός, οι ειδικές κατασκευές, ο εξοπλισμός δωματίων και οι διαμορφώσεις κοινόχρηστων χώρων αποκτούν στρατηγική σημασία. Μικρές αποκλίσεις σε τέτοιες κατηγορίες μπορούν να επηρεάσουν δυσανάλογα το συνολικό αποτέλεσμα.

Βασικός σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να αναλυθεί η ευαισθησία του έργου απέναντι σε μεταβολές κρίσιμων παραμέτρων και να διερευνηθεί ποιοι

παράγοντες επηρεάζουν περισσότερο την τελική του επίδοση. Το κεφάλαιο επιχειρεί να μετατρέψει το στατικό μοντέλο του Κεφαλαίου 4 σε δυναμικό εργαλείο διοικητικής διερεύνησης. Αντί να εξετάζεται μόνο «τι είναι το έργο», εξετάζεται πλέον «πώς αντιδρά το έργο όταν αλλάζουν οι συνθήκες».

Στο πλαίσιο αυτό, θα αναζητηθούν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως τα ακόλουθα:

- Πόσο αυξάνεται ο συνολικός προϋπολογισμός αν αυξηθεί το κόστος σκυροδέματος κατά 10%;
- Ποια είναι η επίδραση καθυστέρησης 30 ημερών σε κρίσιμες προμήθειες;
- Πώς μεταβάλλεται η διάρκεια του έργου όταν η παραγωγικότητα των συνεργείων μειωθεί κατά 15%;
- Ποιες κατηγορίες κόστους εμφανίζουν τη μεγαλύτερη ελαστικότητα;
- Πώς επηρεάζεται η ταμειακή ροή από μετατόπιση κρίσιμων φάσεων;
- Ποιο είναι το δυσμενές σενάριο όταν εμφανίζονται ταυτόχρονα αυξήσεις κόστους και καθυστερήσεις;

Τα ερωτήματα αυτά δεν έχουν μόνο θεωρητική σημασία. Αντιθέτως, αποτελούν τον πυρήνα της πρακτικής διοίκησης έργων. Ο project manager, ο cost controller και ο κύριος του έργου καλούνται διαρκώς να λαμβάνουν αποφάσεις υπό αβεβαιότητα. Η γνώση του ποιοι παράγοντες έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή επιτρέπει την ορθολογική κατανομή προσοχής, χρόνου, απρόβλεπτων δαπανών και διοικητικών πόρων.

Η ανάλυση ευαισθησίας συμβάλλει επίσης στην ιεράρχηση των κινδύνων. Δεν έχουν όλες οι αποκλίσεις την ίδια σημασία. Μία αύξηση 5% σε μικρή κατηγορία χαμηλής συμμετοχής μπορεί να είναι αμελητέα, ενώ η ίδια ποσοστιαία μεταβολή σε κατηγορία υψηλού βάρους μπορεί να προκαλέσει σημαντική υπέρβαση προϋπολογισμού. Ομοίως, μια καθυστέρηση λίγων ημερών σε μη κρίσιμη δραστηριότητα μπορεί να είναι διαχειρίσιμη, ενώ η ίδια καθυστέρηση σε δραστηριότητα της κρίσιμης διαδρομής μπορεί να μετατείνει ολόκληρη την ημερομηνία παράδοσης.

Η ανάλυση που ακολουθεί βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα της μελέτης περίπτωσης και αξιοποιεί τα διαθέσιμα εργαλεία Microsoft Excel και Microsoft

Project. Το Microsoft Project χρησιμοποιείται ως βάση για τη χρονική δομή, τη λογική αλληλουχία δραστηριοτήτων, τις διάρκειες και τις κρίσιμες φάσεις. Το Microsoft Excel χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη μοντέλων what-if analysis, πινάκων ευαισθησίας, συγκριτικών σεναρίων, γραφημάτων τύπου tornado, ταμειακών προβολών και ποσοτικών δεικτών αξιολόγησης.

Η επιλογή αυτών των εργαλείων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι αντικατοπτρίζει τη ρεαλιστική πρακτική πολλών οργανισμών του κατασκευαστικού κλάδου. Παρότι υπάρχουν πιο σύνθετα εξειδικευμένα λογισμικά, στην πράξη σημαντικό μέρος του project control διεξάγεται ακόμη με χρήση Excel και scheduling platforms. Συνεπώς, η μεθοδολογία του παρόντος κεφαλαίου συνδυάζει επιστημονική τεκμηρίωση με πρακτική εφαρμόσιμότητα.

Η διαδικασία ανάλυσης οργανώνεται σε διαδοχικά στάδια. Αρχικά ορίζεται ένα βασικό σενάριο αναφοράς (base case), το οποίο αντιστοιχεί στην αρχική εικόνα του έργου. Στη συνέχεια επιλέγονται κρίσιμες μεταβλητές κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας. Για κάθε μεταβλητή εξετάζονται εναλλακτικά επίπεδα μεταβολής, όπως $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ και $\pm 15\%$. Έπειτα αναπτύσσονται σύνθετα σενάρια (αισιόδοξο, βασικό και δυσμενές), ώστε να αξιολογηθεί η συνολική συμπεριφορά του έργου υπό πολλαπλές ταυτόχρονες επιδράσεις.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάλυση ευαισθησίας δεν αποσκοπεί στην ακριβή πρόβλεψη του μέλλοντος. Η αξία της έγκειται κυρίως στη σχετική σύγκριση και στην κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος. Με άλλα λόγια, στόχος δεν είναι να προβλεφθεί με βεβαιότητα ποια μεταβολή θα συμβεί, αλλά να προσδιοριστεί ποια μεταβολή θα είχε τη μεγαλύτερη συνέπεια εάν συμβεί.

Η γνώση αυτή είναι εξαιρετικά χρήσιμη για τη λήψη αποφάσεων. Επιτρέπει, για παράδειγμα, την προτεραιοποίηση προμηθειών υψηλού κινδύνου, την προστασία του αποθεματικού (contingency reserve), την ενίσχυση κρίσιμων συνεργείων, την επανεξέταση της σειράς εκτέλεσης εργασιών (sequencing) και την ανάπτυξη εναλλακτικών σχεδίων δράσης πριν εμφανιστεί το πρόβλημα.

Συνολικά, το παρόν κεφάλαιο σηματοδοτεί τη μετάβαση της εργασίας από τη στατική αποτύπωση στην ποσοτική διερεύνηση και από την αναδρομική ανάλυση στη μελλοντοστραφή υποστήριξη αποφάσεων. Το Κεφάλαιο 4 κατέδειξε πώς είναι

οργανωμένο το έργο. Το Κεφάλαιο 5 θα αναδείξει πώς συμπεριφέρεται το έργο όταν μεταβάλλονται οι κρίσιμες συνθήκες. Η μετάβαση αυτή είναι θεμελιώδης για κάθε σύγχρονη προσέγγιση διοίκησης έργων, όπου η επιτυχία δεν κρίνεται μόνο από τον αρχικό σχεδιασμό, αλλά από την ικανότητα προσαρμογής σε ένα αβέβαιο και μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

5.2 Μεθοδολογικό Πλαίσιο και Εργαλεία Ανάλυσης

Η ανάπτυξη μιας αξιόπιστης ανάλυσης ευαισθησίας σε κατασκευαστικά έργα μεγάλης κλίμακας προϋποθέτει τη συγκρότηση σαφούς μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο να συνδέει τη θεωρητική βάση της διοίκησης έργων με τα πραγματικά δεδομένα της μελέτης περίπτωσης και με εργαλεία ικανά να υποστηρίξουν ποσοτική διερεύνηση. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η μεθοδολογία που ακολουθείται δεν περιορίζεται σε μία απλή τεχνική υπολογισμών, αλλά διαμορφώνεται ως ολοκληρωμένο σύστημα λήψης αποφάσεων, στο οποίο ενσωματώνονται έννοιες χρονοπρογραμματισμού, οικονομικής ανάλυσης, διαχείρισης κινδύνων (risk management) και σεναριακής αξιολόγησης.

Η ανάγκη διαμόρφωσης ενός τέτοιου πλαισίου προκύπτει από τη φύση του εξεταζόμενου έργου. Όπως αναδείχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, το έργο που μελετάται χαρακτηρίζεται από υψηλό προϋπολογισμό, σύνθετη τεχνική δομή, πολλαπλές παράλληλες δραστηριότητες, απαιτητικές προδιαγραφές ποιότητας και αυξημένη εξάρτηση από εξωτερικούς παράγοντες. Επομένως, η αξιολόγηση της συμπεριφοράς του δεν μπορεί να γίνει με μονοδιάστατη προσέγγιση, αλλά απαιτεί συνδυασμό εργαλείων που εξετάζουν ταυτόχρονα τον χρόνο, το κόστος και τη μεταβλητότητα.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο του παρόντος κεφαλαίου βασίζεται σε τέσσερις διαδοχικούς άξονες: (α) τον καθορισμό βασικού σεναρίου αναφοράς, (β) την επιλογή κρίσιμων μεταβλητών, (γ) την εφαρμογή παραμετρικών μεταβολών και εναλλακτικών σεναρίων και (δ) την ερμηνεία των αποτελεσμάτων υπό διοικητική σκοπιά. Με τον τρόπο αυτό, η ανάλυση αποκτά όχι μόνο αριθμητικό αλλά και στρατηγικό χαρακτήρα.

5.2.1 Επιστημονική Λογική της Μεθοδολογίας

Η θεωρητική βάση της παρούσας προσέγγισης αντλείται από τρεις βασικές επιστημονικές περιοχές. Η πρώτη είναι η διοίκηση έργων και ειδικότερα η θεωρία του τριγώνου χρόνου–κόστους–ποιότητας, σύμφωνα με την οποία μεταβολή σε έναν παράγοντα επηρεάζει αναπόφευκτα τους υπόλοιπους. Η δεύτερη είναι η οικονομική ανάλυση και η θεωρία ευαισθησίας επενδύσεων, όπου εξετάζεται η συμπεριφορά ενός αποτελέσματος όταν μεταβάλλονται οι βασικές εισροές. Η τρίτη είναι η διαχείριση κινδύνου, η οποία αναγνωρίζει ότι τα έργα υλοποιούνται σε περιβάλλον αβεβαιότητας και συνεπώς απαιτούν ανθεκτικό σχεδιασμό.

Στην πράξη, η ανάλυση ευαισθησίας λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ αυτών των πεδίων. Από τη μία πλευρά χρησιμοποιεί ποσοτικά εργαλεία και μαθηματικές σχέσεις. Από την άλλη πλευρά μεταφράζει τα αποτελέσματα σε διοικητικές αποφάσεις, όπως προτεραιοποίηση κινδύνων, ανακατανομή απρόβλεπτων δαπανών, αλλαγή σειράς εκτέλεσης εργασιών, επιλογή προμηθευτών ή αναπροσαρμογή στρατηγικής στελέχωσης.

Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας κρίνεται κατάλληλη για την παρούσα εργασία, διότι επιτρέπει την αξιοποίηση των πραγματικών δεδομένων του έργου χωρίς να απαιτεί υπερβολικά εξειδικευμένα ή μη διαθέσιμα πληροφοριακά συστήματα. Αντί να στηρίζεται σε θεωρητικά υποδείγματα αποκομμένα από την πρακτική, η ανάλυση βασίζεται σε εργαλεία που χρησιμοποιούνται ευρέως στον κατασκευαστικό κλάδο.

5.2.2 Βασικό Σενάριο Αναφοράς (Base Case)

Κεντρικό στοιχείο κάθε ανάλυσης ευαισθησίας είναι ο καθορισμός ενός βασικού σεναρίου αναφοράς. Το σενάριο αυτό λειτουργεί ως σημείο σύγκρισης, πάνω στο οποίο αξιολογούνται οι επιπτώσεις κάθε μεταβολής. Στην παρούσα μελέτη, το base case αντιστοιχεί στην υφιστάμενη εικόνα του έργου όπως αυτή παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4.

Το βασικό σενάριο περιλαμβάνει:

- συνολικό προϋπολογισμό περίπου 43,7 εκατ. ευρώ,
- συνολική διάρκεια περίπου 606 ημερών,

- μέση στελέχωση περίπου 180 εργαζομένων,
- υφιστάμενη χρονική αλληλουχία φάσεων,
- κατανομή κόστους ανά βασική κατηγορία,
- προβλεπόμενη ταμειακή ροή βάσει φάσεων υλοποίησης,
- υφιστάμενη οργανωτική δομή υλοποίησης.

Η ύπαρξη του base case είναι απαραίτητη, διότι χωρίς αυτό δεν είναι δυνατή η αποτίμηση του μεγέθους των αποκλίσεων. Κάθε αποτέλεσμα που θα παρουσιαστεί στα επόμενα υποκεφάλαια εκφράζεται ως μεταβολή σε σχέση με τη βασική αυτή κατάσταση.

Παράμετρος	Τιμή Βάσης
Προϋπολογισμός	~43,7 εκ. €
Διάρκεια	606 ημέρες
Μέσο προσωπικό	180 άτομα
Τύπος έργου	Resort
Τοποθεσία	Νησιωτική Ελλάδα

Πίνακας 5.2.1 - Βασικά Μεγέθη Σεναρίου Αναφοράς

5.2.3 Επιλογή Κρίσιμων Μεταβλητών

Η αποτελεσματικότητα μιας ανάλυσης ευαισθησίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ορθή επιλογή των μεταβλητών που θα εξεταστούν. Δεν έχουν όλες οι παράμετροι του έργου την ίδια σημασία, ούτε αξίζει να αναλυθούν όλες με τον ίδιο βαθμό λεπτομέρειας. Για τον λόγο αυτό, επιλέγονται οι μεταβλητές που, σύμφωνα με τη θεωρία και τα δεδομένα του έργου, εμφανίζουν υψηλή πιθανότητα επίδρασης στο συνολικό αποτέλεσμα.

Οι βασικές ομάδες μεταβλητών είναι τρεις:

α. Μεταβλητές κόστους

Περιλαμβάνουν κατηγορίες όπως:

- σκυρόδεμα και φέρων οργανισμός,
- HVAC και ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός,
- finishes και αρχιτεκτονικά τελειώματα,
- εργολαβικό εργατικό κόστος,
- γενικά έξοδα εργοταξίου,
- Απόθεμα απροβλέπτων.

β. Μεταβλητές χρόνου

Περιλαμβάνουν:

- καθυστερήσεις προμηθειών,
- καθυστερήσεις κρίσιμων δραστηριοτήτων,
- μεταβολές παραγωγικότητας,
- παράταση commissioning(δοκιμές),
- αλλαγές στην σειρά εκτέλεσης εργασιών.

γ. Μεταβλητές πόρων

Περιλαμβάνουν:

- αύξηση ή μείωση εργαζομένων,
- αλλαγή βαρδιών,
- διαθεσιμότητα ειδικών συνεργείων,
- επίπεδο επίβλεψης και συντονισμού.

Η επιλογή αυτών των μεταβλητών δεν είναι αυθαίρετη, αλλά βασίζεται στα ευρήματα των προηγούμενων κεφαλαίων, όπου αναδείχθηκαν ως κύριοι παράγοντες κόστους (cost drivers) και αιτιές καθυστέρησης (sources of delay).

5.2.4 Μορφές Ανάλυσης που θα Εφαρμοστούν

Για την πληρέστερη διερεύνηση της συμπεριφοράς του έργου, εφαρμόζονται πολλαπλές μορφές ανάλυσης, καθεμία από τις οποίες εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό.

α. Μονοπαραμετρική Ανάλυση (One-Way Sensitivity)

Σε αυτή την προσέγγιση μεταβάλλεται μία μόνο μεταβλητή κάθε φορά, ενώ όλες οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Παράδειγμα αποτελεί η αύξηση 10% του κόστους σκυροδέματος ή η μείωση 15% της παραγωγικότητας συνεργείων.

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει καθαρή αποτύπωση της μεμονωμένης επίδρασης κάθε παράγοντα.

β. Διπαραμετρική Ανάλυση (Two-Way Sensitivity)

Μεταβάλλονται ταυτόχρονα δύο παράγοντες, π.χ.:

- αύξηση HVAC +10% και καθυστέρηση 20 ημερών,
- μείωση παραγωγικότητας και αύξηση εργατικού κόστους.

Η μέθοδος αυτή προσεγγίζει πιο ρεαλιστικά την πραγματικότητα, όπου οι μεταβολές σπάνια εμφανίζονται απομονωμένες.

γ. Σεναριακή Ανάλυση

Αναπτύσσονται τρία βασικά σενάρια:

- **Best Case (καλύτερο)**
- **Base Case (βασικό)**
- **Worst Case (χειρότερο)**

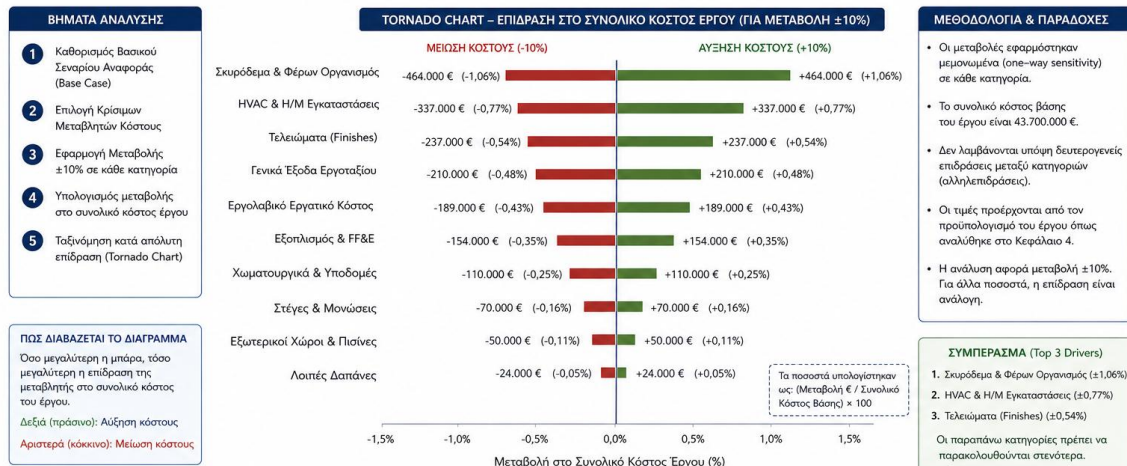
Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στρατηγική σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών εξελίξεων.

δ. Tornado Analysis

Οι μεταβλητές ταξινομούνται ανάλογα με το μέγεθος της επίδρασής τους στο αποτέλεσμα. Το εργαλείο αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για διοικητική ιεράρχηση.

Σχήμα 5.2.1 – Logic Framework της Ανάλυσης Ευαισθησίας (Tornado Analysis) – Πραγματικά Αποτελέσματα Έργου

Επίδραση μεταβολής $\pm 10\%$ των βασικών κατηγοριών κόστους στο συνολικό κόστος του έργου (Budget Βάσης: 43.700.000 €)



ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ (ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ +10%)					
Κατηγορία Κόστους	Κόστος Βάσης (€)	Μεταβολή +10% (€)	Νέο Κόστος (€)	Μεταβολή στο Σύνολο (€)	Επίδραση στο Σύνολο (%)
Σκυρόδεμα & Φέρων Οργανισμός	4.640.000	+464.000	5.104.000	+464.000	+1,06%
HVAC & H/M Εγκαταστάσεις	3.370.000	+337.000	3.707.000	+337.000	+0,77%
Τελειώματα (Finishes)	2.370.000	+237.000	2.607.000	+237.000	+0,54%
...	...	...	...	...	...
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΟΥ	43.700.000	+4.370.000	48.070.000	+4.370.000	+10,00%

Σημείωση: Τα ποσά είναι στρογγυλοποιημένα για λόγους παρουσίασης.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Για την κατηγορία "Σκυρόδεμα & Φέρων Οργανισμός":

- Κόστος Βάσης = 4.640.000 €
- Μεταβολή +10% = 4.640.000 $\times$ 10% = 464.000 €
- Επίδραση στο Σύνολο = (464.000 / 43.700.000) $\times$ 100 = 1,06%

5.2.5 Εργαλεία Ανάλυσης

Η ανάλυση πραγματοποιείται με συνδυασμό δύο βασικών εργαλείων:

Microsoft Excel

Το Excel χρησιμοποιείται ως κύρια υπολογιστική πλατφόρμα για:

- πίνακες ανάλυσης ευαισθησίας,
- what-if analysis (ανάλυση υποθετικών μεταβολών)
- Σύγκριση σεναρίων (scenario comparison),
- Επανυπολογισμός ταμειακών ροών (cash flow recalculation),
- EVM metrics (δείκτες διαχείρισης δεδουλευμένης αξίας),
- Διαγράμματα και πίνακες παρακολούθησης.

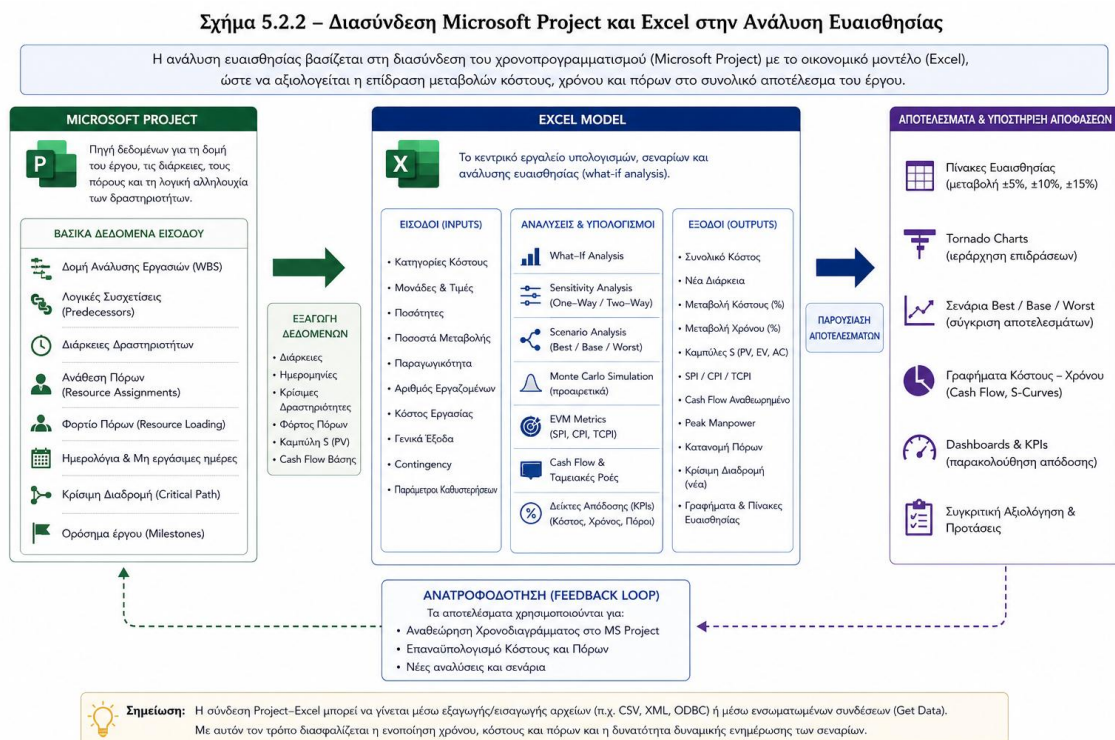
Η ευελιξία του επιτρέπει γρήγορη μεταβολή παραμέτρων και άμεση αποτύπωση αποτελεσμάτων.

Microsoft Project

Το MS Project χρησιμοποιείται για:

- baseline schedule(αρχικό χρονοδιάγραμμα),
- διάρκεια δραστηριοτήτων,
- λογική αλληλουχία,
- κρίσιμη διαδρομή,
- resource loading(κατανομή πόρων),
- Επίδραση καθυστερήσεων.

Η σύνδεση των δύο εργαλείων επιτρέπει ενοποιημένη θεώρηση χρόνου και κόστους.



MS Project → Διάρκειες / Πόροι / Κρίσιμη διαδρομή



Excel Model



Κόστος / Ανάλυση ευαισθησίας / Σενάρια / Δείκτες απόδοσης KPIs

Με λίγα λόγια μεθοδολογική προσέγγιση βασίζεται στη σύνδεση του χρονοπρογραμματισμού του έργου με την οικονομική και αναλυτική του αξιολόγηση. Αρχικά, μέσω του **MS Project** αποτυπώνονται οι διάρκειες των δραστηριοτήτων, η κατανομή των πόρων και η κρίσιμη διαδρομή του έργου. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται σε **υπολογιστικό μοντέλο Excel**, όπου πραγματοποιείται ανάλυση κόστους, ανάλυση ευαισθησίας, σύγκριση σεναρίων και υπολογισμός βασικών δεικτών απόδοσης του έργου.

5.2.6 Μαθηματικές Σχέσεις και Δείκτες

Για την ποσοτική αποτίμηση χρησιμοποιούνται βασικές σχέσεις όπως:

$$\text{Νέο Κόστος} = \text{Βασικό Κόστος} \times (1 + \text{ποσοστό μεταβολής}) \quad (\Sigma\chi. 5.1)$$

$$\text{Νέα Διάρκεια} = \text{Βασική Διάρκεια} \times \text{Συντελεστής παραγωγικότητας} \quad (\Sigma\chi. 5.2)$$

$$\text{SPI} = \text{EV} / \text{PV} \quad (\Sigma\chi. 5.3)$$

$$\text{CPI} = \text{EV} / \text{AC} \quad (\Sigma\chi. 5.4)$$

Σωρευτικό Κόστος:

$$C_t = \sum_{i=1}^t \text{Cost}_i \quad (\Sigma\chi. 5.5)$$

όπου:

- C_t : το σωρευτικό κόστος έως τη χρονική περίοδο t
- Cost_i : το κόστος της περιόδου i
- t : η εξεταζόμενη χρονική στιγμή / περίοδος

Οι σχέσεις αυτές επιτρέπουν την τυποποιημένη και επαναλήψιμη παραγωγή αποτελεσμάτων.

5.2.7 Αξιοπιστία και Περιορισμοί Μεθοδολογίας

Παρότι η παρούσα μεθοδολογία βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα, αναγνωρίζονται ορισμένοι περιορισμοί:

- ορισμένες μελλοντικές μεταβολές δεν μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια,
- η συμπεριφορά συνεργείων δεν είναι πλήρως γραμμική,
- τα σενάρια απλουστεύουν την πραγματικότητα,
- ορισμένες παράμετροι είναι αλληλεξαρτώμενες.

Ωστόσο, οι περιορισμοί αυτοί δεν αναιρούν την αξία της ανάλυσης. Αντιθέτως, επιβεβαιώνουν τη σημασία χρήσης εργαλείων που επιτρέπουν διοικητική προετοιμασία αντί στατικής βεβαιότητας.

5.2.8 Συνολική Μεθοδολογική Αποτίμηση

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που υιοθετείται στο παρόν κεφάλαιο συνδυάζει θεωρητική εγκυρότητα, πρακτική εφαρμόσιμότητα και συμβατότητα με τα διαθέσιμα δεδομένα της μελέτης περίπτωσης. Μέσω της χρήσης πραγματικών οικονομικών και χρονικών στοιχείων, η ανάλυση ευαισθησίας μετατρέπεται από θεωρητική έννοια σε λειτουργικό εργαλείο λήψης αποφάσεων.

Το επόμενο υποκεφάλαιο παρουσιάζει το βασικό σενάριο αναφοράς με αναλυτικό τρόπο, το οποίο θα αποτελέσει τη βάση όλων των συγκριτικών αναλύσεων που ακολουθούν.

5.3 Βασικό Σενάριο Αναφοράς (Base Case)

Η ανάπτυξη οποιασδήποτε αξιόπιστης ανάλυσης ευαισθησίας προϋποθέτει την ύπαρξη ενός σαφώς ορισμένου βασικού σεναρίου αναφοράς, το οποίο λειτουργεί ως σημείο εκκίνησης και μέτρο σύγκρισης για όλες τις μεταγενέστερες παραμετρικές μεταβολές. Χωρίς ένα τέτοιο σενάριο, η αξιολόγηση των επιδράσεων που προκαλούν οι μεταβολές σε κρίσιμες μεταβλητές θα ήταν αποσπασματική και μεθοδολογικά ατελής, καθώς δεν θα υπήρχε κοινή βάση αναφοράς.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το βασικό σενάριο αναφοράς (Base Case) αντιστοιχεί στην προγραμματισμένη εικόνα του εξεταζόμενου ξενοδοχειακού έργου, όπως αυτή προκύπτει από τα πραγματικά στοιχεία της μελέτης περίπτωσης και όπως

αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Το σενάριο αυτό αποτυπώνει την κατάσταση του έργου υπό κανονικές συνθήκες εκτέλεσης, δηλαδή χωρίς σημαντικές εξωγενείς διαταραχές, χωρίς ακραίες ανατιμήσεις υλικών, χωρίς ουσιώδεις καθυστερήσεις και χωρίς σοβαρές αποκλίσεις παραγωγικότητας.

Η σημασία του Base Case είναι ιδιαίτερα μεγάλη, διότι αντιπροσωπεύει το αρχικό επίπεδο προσδοκιών της διοίκησης του έργου. Στην πράξη, εκφράζει το σημείο στο οποίο συγκλίνουν ο προϋπολογισμός, το αρχικό χρονοδιάγραμμα(baseline schedule), οι παραδοχές στελέχωσης και οι επιχειρησιακοί στόχοι του επενδυτή. Κάθε μεταγενέστερο σενάριο – ευνοϊκό ή δυσμενές – αξιολογείται σε σχέση με αυτή τη βασική εικόνα.

5.3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά του Σεναρίου Βάσης

Το έργο αφορά ξενοδοχειακή ανάπτυξη τύπου resort σε νησιωτική περιοχή της Ελλάδας, με σημαντικό φυσικό αντικείμενο, το οποίο περιλαμβάνει νέες κατασκευές, αναβαθμίσεις υφιστάμενων κτιριακών υποδομών, κοινόχρηστες εγκαταστάσεις, εξωτερικές διαμορφώσεις και εκτεταμένες ηλεκτρομηχανολογικές υποδομές. Η φύση του έργου το κατατάσσει στην κατηγορία σύνθετων τουριστικών επενδύσεων υψηλής κεφαλαιακής έντασης.

Ο προγραμματισμός του έργου βασίζεται σε συνολική διάρκεια περίπου **606 ημερών**, η οποία αντιστοιχεί σε χρονικό ορίζοντα περίπου είκοσι μηνών. Η διάρκεια αυτή θεωρείται ρεαλιστική για έργο αντίστοιχης πολυπλοκότητας, υπό την προϋπόθεση ομαλής εξέλιξης των κύριων φάσεων και απουσίας σημαντικών διαταραχών.

Ο συνολικός προϋπολογισμός βάσης ανέρχεται σε:

43.769.899,80 €

Το ποσό αυτό αποτελεί το συνολικό οικονομικό μέγεθος αναφοράς της παρούσας ανάλυσης και ενσωματώνει όλες τις βασικές κατηγορίες κόστους που σχετίζονται με την υλοποίηση του έργου.

Παράμετρος	Τιμή
Τύπος έργου	Resort Hotel Development
Τοποθεσία	Νησιωτική Ελλάδα
Συνολικός Προϋπολογισμός	43.769.899,80 €
Συνολική Διάρκεια	606 ημέρες
Μέσο Προσωπικό	~180 άτομα
Δωμάτια	~250
Χαρακτήρας Έργου	Νέα + Υφιστάμενα

Πίνακας 5.3.1-Βασικά Μεγέθη Base Case

5.3.2 Οικονομική Δομή του Σεναρίου Βάσης

Ο προϋπολογισμός του έργου δεν αντιμετωπίζεται ως ενιαίο μέγεθος, αλλά ως σύνολο επιμέρους κατηγοριών κόστους με διαφορετική βαρύτητα, διαφορετικό προφίλ κινδύνου και διαφορετική ευαισθησία σε μεταβολές της αγοράς.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της μελέτης περίπτωσης, ιδιαίτερα σημαντική συμμετοχή εμφανίζουν:

- εργασίες σκυροδέματος και φέροντος οργανισμού,
- ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις,
- συστήματα HVAC,
- αρχιτεκτονικά τελειώματα,
- εξοπλισμός δωματίων και κοινόχρηστων χώρων,
- εργοταξιακά γενικά έξοδα,
- εξωτερικές διαμορφώσεις και εργασίες περιβάλλοντα χώρου(landscaping).

Η διάρθρωση αυτή είναι τυπική για έργα φιλοξενίας υψηλών προδιαγραφών, όπου το τελικό προϊόν εξαρτάται όχι μόνο από τη δομική επάρκεια αλλά και από την ποιότητα λειτουργίας, την αισθητική και την εμπειρία χρήστη.

Από πλευράς διαχείρισης κινδύνου, οι κατηγορίες με υψηλή συμμετοχή στον προϋπολογισμό αποκτούν αυξημένη σημασία, διότι ακόμη και μικρές ποσοστιαίες μεταβολές σε αυτές δύνανται να επηρεάσουν αισθητά το συνολικό αποτέλεσμα.

A/A	Κατηγορία Κόστους (Cost Category)	Κόστος Βάσης (€) (Base Cost)	Ποσοστό επί Συνόλου (%)	Σωρευτικό Ποσοστό (Cumulative %)
1	Σκυρόδεμα & Φέροντας Οργανισμός (Concrete & Structural Works)	8.945.120,00 €	20,42%	20,42%
2	H/M Εγκαταστάσεις (MEP Installations)	7.124.350,00 €	16,26%	36,68%
3	HVAC Εγκαταστάσεις (HVAC Systems)	5.672.480,00 €	12,95%	49,63%
4	Αρχιτεκτονικά Τελειώματα (Finishes) (Architectural Finishes)	4.638.770,00 €	10,59%	60,22%
5	Εξοπλισμός & Επίπλωση (FF&E) (FF&E)	4.212.690,00 €	9,62%	69,84%
6	Γενικά Έξοδα Εργοταξίου (General Site Overheads)	3.184.560,00 €	7,27%	77,11%
7	Εξωτερικές Διαμορφώσεις (External Works & Landscaping)	2.763.890,00 €	6,31%	83,42%
8	Υδραυλικά & Πυρόσβεση (Plumbing & Fire Protection)	2.154.330,00 €	4,92%	88,34%
9	Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις (Electrical Installations)	1.875.680,00 €	4,28%	92,62%
10	Ανελκυστήρες & Κυλιόμενες Κλίμακες (Lifts & Escalators)	1.192.020,00 €	2,72%	92,34%
	ΣΥΝΟΛΟ TOP 10	41.863.890,00 €	95,34%	95,34%
	Λοιπές Κατηγορίες Κόστους (Other Cost Categories)	1.906.009,80 €	4,66%	100,00%
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΟΥ (TOTAL PROJECT COST)	43.769.899,80 €	100,00%	100,00%

**Πίνακας 5.3.2 – Απόσπασμα Πίνακα Κόστους Excel
(Top 10 Cost Categories – Base Case)**

Σημείωση: Τα ποσά περιλαμβάνουν όλες τις άμεσες και έμμεσες δαπάνες του έργου, σύμφωνα με το μοντέλο κόστους του Excel (Base Case).

5.3.3 Χρονική Δομή και Βασικές Φάσεις Εκτέλεσης

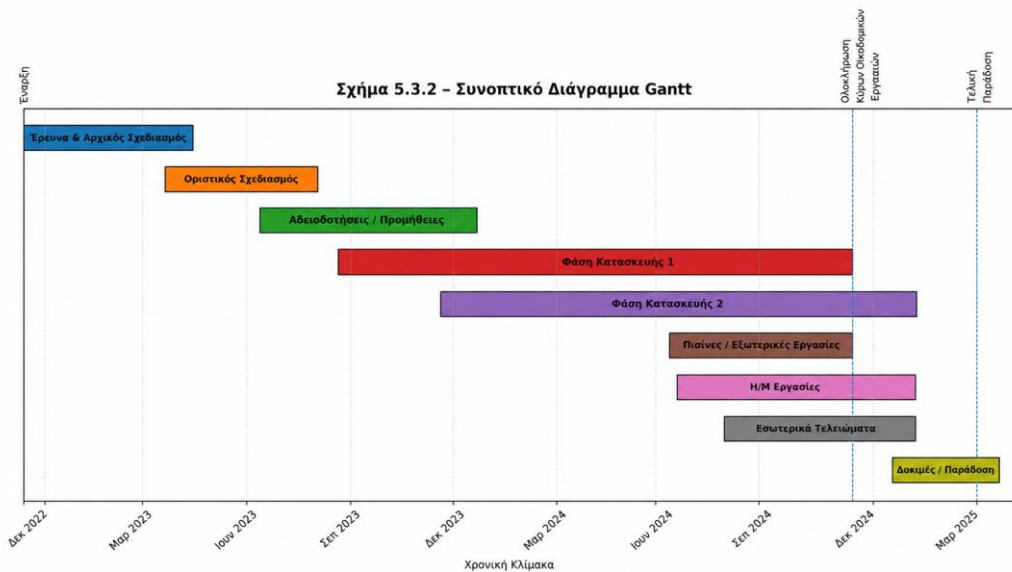
Το χρονοδιάγραμμα βάσης των 606 ημερών οργανώνεται σε διακριτές φάσεις, οι οποίες ακολουθούν συγκεκριμένη λογική αλληλουχία. Η διάρθρωση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για την ανάλυση ευαισθησίας, καθώς κάθε μεταβολή σε μία κρίσιμη φάση μπορεί να επηρεάσει τις επόμενες.

Οι βασικές φάσεις περιλαμβάνουν:

1. προπαρασκευαστικές εργασίες και εργοταξιακή εγκατάσταση,
2. χωματουργικά και υποδομές,
3. φέρων οργανισμός και δομικές εργασίες,
4. κτιριακά κελύφη και στεγανώσεις,
5. ηλεκτρομηχανολογικά δίκτυα,
6. ξηρά δόμηση και εσωτερικές διαμορφώσεις,

7. τελειώματα και FF&E,
8. δοκιμές, commissioning και παράδοση.

Η παραπάνω διαδοχή παρουσιάζει τυπικά χαρακτηριστικά fast-track κατασκευής, όπου σε αρκετά σημεία διαφορετικές φάσεις επικαλύπτονται χρονικά για λόγους επιτάχυνσης. Παρότι η προσέγγιση αυτή μειώνει θεωρητικά τη συνολική διάρκεια, αυξάνει την ανάγκη συντονισμού και την πιθανότητα συγκρούσεων μεταξύ συνεργείων.



5.3.4 Ανθρώπινοι Πόροι και Παραγωγική Δυναμικότητα

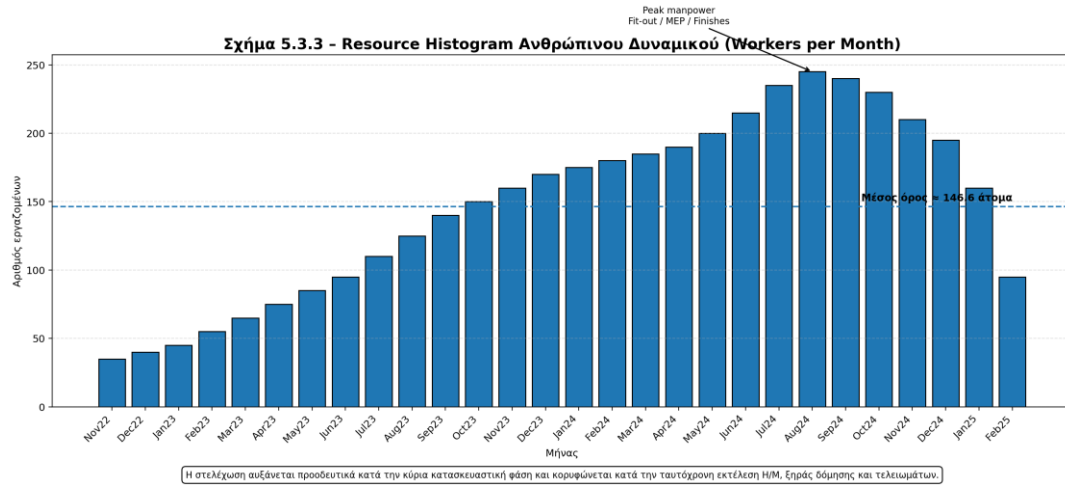
Το βασικό σενάριο προβλέπει μέση απασχόληση περίπου **180 εργαζομένων**, με σημαντικές αυξομειώσεις ανάλογα με τη φάση του έργου. Η στελέχωση δεν είναι σταθερή, αλλά ακολουθεί καμπύλη παραγωγικής έντασης.

Κατά τις αρχικές φάσεις υποδομών και φέροντος οργανισμού, η απασχόληση είναι αυξημένη λόγω απαιτήσεων σε βαριά εργασία και σκυροδετήσεις. Στη συνέχεια, σε περιόδους παράλληλης ανάπτυξης Η/Μ και αρχιτεκτονικών εργασιών, το προσωπικό κορυφώνεται. Στις τελικές φάσεις commissioning και στο κλείσιμο του έργου, ο αριθμός μειώνεται.

Η διακύμανση αυτή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τη διοίκηση έργου, καθώς συνδέεται άμεσα με:

- εργοταξιακή συμφόρηση,

- ανάγκες επίβλεψης,
- ημερήσιο κόστος εργασίας,
- παραγωγικότητα συνεργείων,
- ζητήματα ασφάλειας.



5.3.5 Ταμειακή Ροή και Καμπύλη Δαπανών

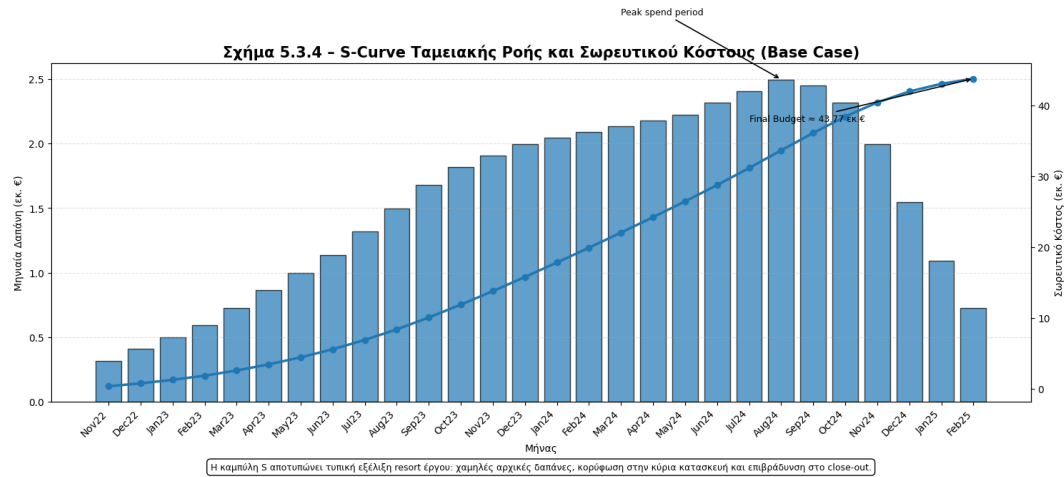
Το βασικό σενάριο περιλαμβάνει επίσης αναμενόμενη καμπύλη ταμειακών εκροών, η οποία ακολουθεί την τυπική μορφή S-Curve. Κατά τα αρχικά στάδια, οι μηνιαίες δαπάνες εμφανίζονται περιορισμένες λόγω προπαρασκευαστικών εργασιών. Στη μεσαία φάση, όπου εκτελούνται παράλληλα κύριες κατασκευαστικές δραστηριότητες, οι εκροές αυξάνονται σημαντικά. Στο τελικό στάδιο, ο ρυθμός δαπανών επιβραδύνεται.

Η παρατήρηση αυτή έχει ουσιαστική σημασία, καθώς δείχνει ότι η ανάγκη ρευστότητας δεν είναι ομοιόμορφη μέσα στον χρόνο. Η διοίκηση έργου και ο επενδυτής οφείλουν να εξασφαλίζουν χρηματοδοτική επάρκεια ακριβώς στις περιόδους κορύφωσης δαπανών.

Η σωρευτική εξέλιξη του κόστους αποδίδεται από τη σχέση:

$$C_t = \sum_{i=1}^t \text{Cost}_i \quad (\text{Σχ. 5.6})$$

όπου το σωρευτικό κόστος έως τη χρονική στιγμή (t) ισούται με το άθροισμα όλων των περιόδων δαπανών έως εκείνη τη στιγμή.



5.3.6 Διοικητικές Παραδοχές του Σεναρίου Βάσης

Για να είναι μεθοδολογικά συνεπές το βασικό σενάριο, υιοθετούνται συγκεκριμένες παραδοχές:

- κανονική διαθεσιμότητα υλικών,
- απουσία ακραίων ανατιμήσεων,
- τυπικές καιρικές συνθήκες,
- επαρκής στελέχωση,
- σταθερό αντικείμενο έργου,
- φυσιολογική παραγωγικότητα συνεργείων,
- χωρίς σοβαρές νομικές ή συμβατικές εμπλοκές.

Οι παραδοχές αυτές δεν σημαίνουν ότι το έργο θα εξελιχθεί κατ' ανάγκη έτσι στην πράξη. Αντιθέτως, αποτελούν την ουδέτερη βάση πάνω στην οποία θα εξεταστούν οι αποκλίσεις.

5.3.7 Ρόλος του βασικού σεναρίου (Base Case) στην Ανάλυση Ευαισθησίας

Το Base Case αποτελεί τη ραχοκοκαλιά του Κεφαλαίου 5. Όλες οι επόμενες αναλύσεις θα συγκρίνουν νέα αποτελέσματα με τα βασικά μεγέθη του παρόντος υποκεφαλαίου.

Για παράδειγμα:

- αν αυξηθεί το HVAC κατά 10%, ποια η νέα συνολική αξία;

- αν μειωθεί η παραγωγικότητα κατά 15%, ποια η νέα διάρκεια;
- αν υπάρξει καθυστέρηση 30 ημερών, ποια η μεταβολή χρηματοροής;
- αν αυξηθεί το προσωπικό, ποια η επίδραση στον χρόνο και στο κόστος;

Χωρίς το Base Case, οι παραπάνω ερωτήσεις δεν θα μπορούσαν να απαντηθούν με ποσοτική ακρίβεια.

5.3.8 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου

Το βασικό σενάριο αναφοράς συνοψίζει την αρχική και επιθυμητή εικόνα του έργου υπό ομαλές συνθήκες υλοποίησης. Αποτελεί το σημείο μηδέν της παρούσας ανάλυσης και τη βάση πάνω στην οποία θα αναπτυχθούν όλα τα εναλλακτικά σενάρια. Η σαφής αποτύπωσή του είναι απαραίτητη τόσο για τη μεθοδολογική εγκυρότητα όσο και για την πρακτική χρησιμότητα των αποτελεσμάτων.

Στο επόμενο υποκεφάλαιο θα προσδιοριστούν αναλυτικά οι κρίσιμες μεταβλητές που επιλέγονται για παραμετρική διερεύνηση και θα αιτιολογηθεί η σημασία κάθε μίας από αυτές.

5.4 Επιλογή Κρίσιμων Μεταβλητών για την Ανάλυση Ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας δεν αποτελεί μια μηχανιστική διαδικασία κατά την οποία επιλέγονται αυθαίρετα ορισμένες μεταβλητές και εφαρμόζονται τυχαία ποσοστά μεταβολής. Αντιθέτως, πρόκειται για μία αυστηρά δομημένη μεθοδολογική προσέγγιση, στην οποία προηγείται η επιστημονικά τεκμηριωμένη αναγνώριση των παραγόντων που έχουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα να επηρεάσουν την επίδοση του έργου. Η επιτυχία ολόκληρου του Κεφαλαίου 5 εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα αυτού του σταδίου. Εάν επιλεγούν ακατάλληλες ή δευτερεύουσες μεταβλητές, τότε ακόμη και οι πιο προσεγμένοι υπολογισμοί οδηγούν σε χαμηλής αξίας συμπεράσματα. Αντιθέτως, όταν επιλεγούν οι πραγματικοί οδηγοί κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας, τότε η ανάλυση μετατρέπεται σε ουσιαστικό εργαλείο λήψης αποφάσεων.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η επιλογή των κρίσιμων μεταβλητών πραγματοποιείται με βάση τρεις άξονες. Ο πρώτος αφορά τα πραγματικά δεδομένα του έργου, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4, δηλαδή τον προϋπολογισμό, το αρχικό χρονοδιάγραμμα των 606 ημερών, τη δομή κόστους και

την κατανομή ανθρώπινων πόρων. Ο δεύτερος αφορά τη διεθνή βιβλιογραφία της διοίκησης έργων, σύμφωνα με την οποία τα περισσότερα κατασκευαστικά έργα παρουσιάζουν αποκλίσεις κυρίως λόγω υλικών, εργασίας, προμηθειών, παραγωγικότητας και συντονισμού. Ο τρίτος αφορά τις ειδικές συνθήκες του εξεταζόμενου έργου, δηλαδή ότι πρόκειται για resort ανάπτυξη σε νησιωτική περιοχή, γεγονός που ενισχύει την έκθεση σε κινδύνους logistics, εποχικότητας και διαθεσιμότητας πόρων.

Η έννοια της «κρίσιμης μεταβλητής» στο παρόν κεφάλαιο ορίζεται ως κάθε παράγοντας που μπορεί, μέσω λογικής και ρεαλιστικής μεταβολής, να προκαλέσει μετρήσιμη αλλαγή σε έναν από τους κύριους στόχους του έργου: συνολικό κόστος, διάρκεια, cash flow(χρηματοροή) ή παραγωγική επίδοση. Συνεπώς, δεν αρκεί μία μεταβλητή να είναι μεγάλη αριθμητικά. Πρέπει επίσης να είναι πιθανό να μεταβληθεί στην πράξη και να διαθέτει πραγματικό μηχανισμό επίδρασης.

5.4.1 Μεθοδολογία Επιλογής Μεταβλητών

Η επιλογή των μεταβλητών πραγματοποιήθηκε με πολυκριτηριακή λογική. Κάθε υποψήφια μεταβλητή αξιολογήθηκε ως προς:

- 1. Συμμετοχή στον προϋπολογισμό.**

Όσο μεγαλύτερο ποσοστό κατέχει μία κατηγορία κόστους, τόσο μεγαλύτερη μπορεί να είναι η επίδρασή της στο τελικό budget.

- 2. Σχέση με κρίσιμη διαδρομή.**

Παράγοντες που επηρεάζουν δραστηριότητες της κρίσιμης διαδρομής έχουν αυξημένη σημασία.

- 3. Ιστορική μεταβλητότητα.**

Κατηγορίες που παρουσιάζουν συχνές μεταβολές τιμών ή χρόνων θεωρούνται καταλληλότερες για έλεγχο ευαισθησίας (sensitivity testing).

- 4. Διοικητική δυνατότητα ελέγχου.**

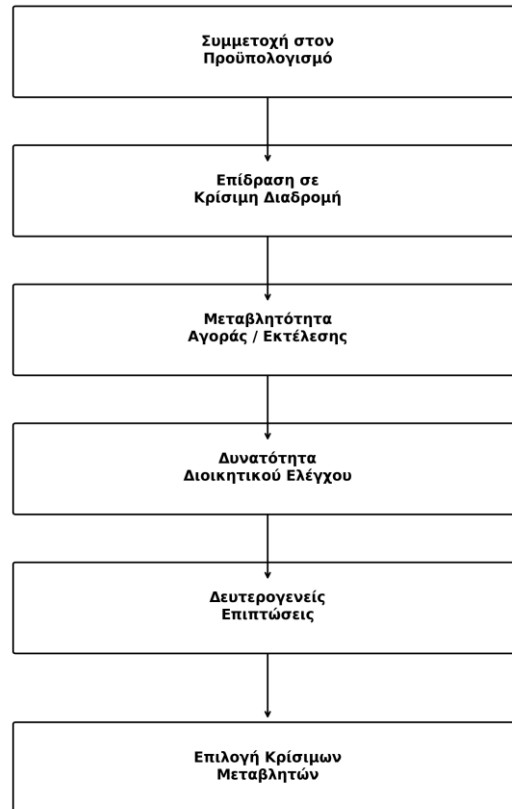
Η ανάλυση έχει μεγαλύτερη αξία όταν αφορά μεταβλητές για τις οποίες μπορεί να ληφθεί διορθωτική δράση.

- 5. Δευτερογενείς επιπτώσεις.**

Ορισμένες μεταβλητές επηρεάζουν και άλλες. Για παράδειγμα, καθυστέρηση προμηθειών μπορεί να μειώσει παραγωγικότητα και να αυξήσει κόστος.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία εξασφαλίζει ότι οι επιλεγμένες παράμετροι είναι όχι μόνο σημαντικές, αλλά και ουσιαστικά χρήσιμες για τη διοίκηση του έργου.

Σχήμα 5.4.1 - Κριτήρια Επιλογής Μεταβλητών για Ανάλυση Ευαισθησίας



Πολυκριτηριακή προσέγγιση για τον εντοπισμό των πραγματικών project drivers.

5.4.2 Γιατί Επιλέχθηκαν οι Μεταβλητές Κόστους

Η πρώτη ομάδα μεταβλητών αφορά το κόστος, καθώς ο συνολικός προϋπολογισμός των περίπου 43,77 εκατ. ευρώ αποτελεί κεντρικό KPI (Βασικός δείκτης απόδοσης) επιτυχίας.

Οικοδομικές εργασίες - Σκυροδέματα (Concrete / Structural Works)

Η κατηγορία σκυροδέματος και δομικών εργασιών επιλέχθηκε διότι:

- έχει υψηλή συμμετοχή στο budget,
- εκτείνεται σε μεγάλο μέρος της διάρκειας έργου,
- επηρεάζεται από τιμές τσιμέντου, χάλυβα, καυσίμων και μεταφορών,

- σε νησιωτικά έργα το κόστος μεταφοράς και διαχείρισης υλικών (logistics cost) είναι αυξημένο.

Ακόμη και περιορισμένη αύξηση τιμής μονάδας μπορεί να δημιουργήσει σημαντική απόκλιση στο συνολικό κόστος του έργου, λόγω του μεγάλου όγκου ποσοτήτων που συνδέεται με τη συγκεκριμένη κατηγορία εργασιών. Συνεπώς, η κατηγορία σκυροδέματος και δομικών εργασιών αποτελεί κρίσιμο παράγοντα κόστους και εντάσσεται δικαιολογημένα στην ανάλυση ευαισθησίας.

Η μεταβολή του κόστους της συγκεκριμένης κατηγορίας δεν επηρεάζει μόνο τον άμεσο προϋπολογισμό, αλλά μπορεί να προκαλέσει δευτερογενείς επιπτώσεις στο χρονοδιάγραμμα, στις ταμειακές ροές και στη συνολική οικονομική απόδοση του έργου. Για παράδειγμα, αύξηση στο κόστος σκυροδέματος ή χάλυβα μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες ανάγκες χρηματοδότησης κατά τα πρώτα στάδια της κατασκευής, ενώ καθυστερήσεις στην προμήθεια ή μεταφορά υλικών μπορούν να επηρεάσουν την κρίσιμη διαδρομή του έργου.

Ιδιαίτερα σε νησιωτικά έργα, όπου η πρόσβαση, οι μεταφορές, οι φορτοεκφορτώσεις και η αποθήκευση υλικών παρουσιάζουν αυξημένο βαθμό δυσκολίας, το logistics cost ενισχύει περαιτέρω την αβεβαιότητα του τελικού κόστους. Για τον λόγο αυτό, η ανάλυση ευαισθησίας της κατηγορίας αυτής επιτρέπει την αξιολόγηση διαφορετικών επιπέδων μεταβολής κόστους και την εκτίμηση της επίδρασής τους στο συνολικό budget.

Μέσω αυτής της προσέγγισης εντοπίζεται ο βαθμός στον οποίο το έργο είναι εκτεθειμένο σε μεταβολές τιμών βασικών υλικών και υπηρεσιών, ενώ παράλληλα παρέχεται στη διοίκηση του έργου ένα εργαλείο έγκαιρης λήψης αποφάσεων. Η ύπαρξη κατάλληλου αποθέματος απρόβλεπτων, η έγκαιρη προμήθεια κρίσιμων υλικών, η παρακολούθηση των τιμών αγοράς και η σωστή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να περιορίσουν τον οικονομικό κίνδυνο και να βελτιώσουν τον έλεγχο του έργου.

HVAC / MEP Systems

Τα συστήματα HVAC και οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις επιλέχθηκαν επειδή:

- αποτελούν κατηγορία υψηλής αξίας,

- έχουν έντονη εξάρτηση από διεθνείς προμηθευτές,
- παρουσιάζουν μεγάλους χρόνους παράδοσης,
- σχετίζονται άμεσα με λειτουργικότητα και ενεργειακή απόδοση.

Σε ξενοδοχειακό έργο υψηλής ποιότητας, η συγκεκριμένη κατηγορία δεν είναι δευτερεύουσα αλλά στρατηγικής σημασίας.

Finishes / FF&E

Η επιλογή των αρχιτεκτονικών τελειωμάτων και του εξοπλισμού έγινε διότι:

- επηρεάζουν την εμπορική εικόνα του resort,
- είναι συχνές οι αναβαθμίσεις σχεδιασμού στην πορεία,
- εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία τιμών ανά προδιαγραφή,
- τοποθετούνται στις τελικές φάσεις όπου ο χρόνος είναι πιεσμένος.

Labour Cost

Το εργατικό κόστος επιλέχθηκε λόγω:

- μεγάλης διάρκειας έργου,
- μέσου εργατικού δυναμικού ~180 ατόμων,
- πιθανών αυξήσεων ημερομισθίων,
- ανάγκης υπερωριών ή δεύτερης βάρδιας.

Απρόβλεπτα

Τα απρόβλεπτα επιλέγονται όχι ως κόστος παραγωγής αλλά ως στρατηγικός μηχανισμός απορρόφησης αβεβαιότητας. Η χρήση ή ανεπάρκειά του μεταβάλλει άμεσα τη χρηματοοικονομική ανθεκτικότητα του έργου.

Μεταβλητή (Variable)	Λόγος Επιλογής (Selection Rationale)	Εύρος Ανάλυσης (Analysis Range)
Σκυρόδεμα / Δομικές Εργασίες (Concrete / Structural Works)	Υψηλή συμμετοχή στον προϋπολογισμό (High budget share)	±5%, ±10%, ±15%
H/M / HVAC Συστήματα (MEP / HVAC Systems)	Υψηλή τεχνική πολυπλοκότητα και μεταβλητότητα κόστους (High technical complexity and cost volatility)	±5%, ±10%, ±15%
Τελειώματα / Εξοπλισμός & Επίπλωση (Finishes / FF&E)	Εμπορική σημασία και πιθανές αλλαγές σχεδιασμού (Commercial importance and potential design changes)	±5%, ±10%, ±15%
Εργατικό Κόστος (Labour Cost)	Μεγάλη διάρκεια εκτέλεσης και αυξημένος αριθμός εργαζομένων, περίπου 180 άτομα (Long duration and increased workforce, approximately 180 workers)	±5%, ±10%
Αποθεματικό Απρόβλεπτων (Contingency)	Απορρόφηση κινδύνων και πιθανών αποκλίσεων κόστους (Risk absorption and potential cost deviations)	±10%

Πίνακας 5.4.1- Μεταβλητές κόστους για ανάλυση ευαισθησίας

5.4.3 Γιατί Επιλέχθηκαν οι Μεταβλητές Χρόνου

Ο χρόνος αποτελεί δεύτερο πυλώνα επιτυχίας. Για ξενοδοχειακές επενδύσεις, η καθυστέρηση δεν συνεπάγεται μόνο τεχνική παράταση αλλά και απώλεια εσόδων από μη έγκαιρη λειτουργία.

Καθυστέρηση προμηθειών (Procurement Delay)

Επιλέχθηκε επειδή:

- το έργο βρίσκεται σε νησί,
- απαιτούνται μεταφορές εξοπλισμού,
- πολλά υλικά είναι εισαγόμενα,
- η αγορά έχει παρουσιάσει διαταραχές τα τελευταία έτη.

Μείωση παραγωγικότητας (Productivity Loss)

Η παραγωγικότητα είναι βασική μεταβλητή χρόνου, καθώς μικρή πτώση μπορεί να επεκτείνει πολλές δραστηριότητες ταυτόχρονα.

Καθυστέρηση λόγω καιρικών φαινομένων (Weather Delay)

Σε έργα με σημαντικές εξωτερικές εργασίες, οι καιρικές συνθήκες αποτελούν ρεαλιστικό παράγοντα καθυστέρησης.

Καθυστέρηση δοκιμών (Commissioning Delay)

Σε ξενοδοχειακά έργα, η τεχνική παράδοση και δοκιμή συστημάτων είναι κρίσιμη, καθώς χωρίς πλήρη λειτουργικότητα δεν μπορεί να ξεκινήσει η εμπορική λειτουργία.

Μεταβλητή	Περιγραφή	Εύρος Ανάλυσης
Καθυστέρηση Προμηθειών	Καθυστέρηση στην προμήθεια εξοπλισμού ή υλικών	+15 / +30 / +45 ημέρες
Απώλεια Παραγωγικότητας	Μείωση της απόδοσης των συνεργείων	-5% / -10% / -15%
Καθυστέρηση λόγω Καιρικών Συνθηκών	Δυσμενείς καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν την εξέλιξη των εργασιών	+10 / +20 ημέρες
Καθυστέρηση Δοκιμών και Θέσης σε Λειτουργία	Παράταση της διάρκειας δοκιμών, ελέγχων και διαδικασιών παράδοσης	+7 / +14 / +21 ημέρες

Μεταβλητή	Περιγραφή	Εύρος Ανάλυσης
Καθυστέρηση λόγω Επαναληπτικών Εργασιών	Επαναληπτικές εργασίες λόγω προβλημάτων ποιότητας ή τεχνικών αστοχιών	+10 / +20 ημέρες

Πίνακας 5.4.2 – Χρονικές Μεταβλητές για Ανάλυση Ευαισθησίας

5.4.4 Γιατί Επιλέχθηκαν οι Μεταβλητές Πόρων

Η εμπειρία δείχνει ότι πολλά έργα δεν αποτυγχάνουν λόγω κακού προϋπολογισμού αλλά λόγω ανεπαρκούς στελέχωσης.

Διαθεσιμότητα Μέγιστου Εργατικού Δυναμικού (Peak Workforce Availability)

Επιλέχθηκε διότι στις φάσεις τελικών εργασιών (fit-out) και Η/Μ εγκαταστάσεων (MEP) απαιτείται η ταυτόχρονη παρουσία πολλών συνεργείων στο εργοτάξιο. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού μπορεί να επηρεάσει άμεσα τη διάρκεια των εργασιών, την παραγωγικότητα και την τήρηση του χρονοδιαγράμματος.

Αναλογία Επιβλεπόντων προς Εργαζομένους (Supervisor Ratio)

Επιλέχθηκε διότι η χαμηλή ή ανεπαρκής επίβλεψη μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα των συνεργείων, να αυξήσει τις επαναληπτικές εργασίες (rework) και να δημιουργήσει προβλήματα ποιότητας. Η κατάλληλη αναλογία επιβλεπόντων προς εργαζομένους συμβάλλει στον καλύτερο συντονισμό, στον έλεγχο της ποιότητας και στη μείωση των καθυστερήσεων.

Στρατηγική Βαρδιών (Shift Strategy)

Επιλέχθηκε διότι η εφαρμογή δεύτερης βάρδιας μπορεί να μειώσει τη συνολική διάρκεια του έργου, αλλά ταυτόχρονα αυξάνει το εργατικό κόστος, τον κίνδυνο κόπωσης (fatigue risk) και την οργανωτική πολυπλοκότητα. Για τον λόγο αυτό, η στρατηγική βαρδιών αποτελεί κρίσιμη μεταβλητή για την ανάλυση ευαισθησίας του χρονοδιαγράμματος και του κόστους.

5.4.5 Γιατί Επιλέχθηκαν τα Ποσοστά Μεταβολής

Η επιλογή των ποσοστών μεταβολής **5%, 10% και 15%** αποτελεί κρίσιμο μεθοδολογικό στοιχείο της παρούσας ανάλυσης ευαισθησίας. Τα ποσοστά αυτά δεν χρησιμοποιήθηκαν ως αυθαίρετες παραδοχές, αλλά ως δομημένα επίπεδα διερεύνησης της απόκρισης του έργου σε διαφορετικές εντάσεις αβεβαιότητας. Σκοπός της επιλογής τους ήταν να δημιουργηθεί ένα σαφές, συγκρίσιμο και εφαρμόσιμο πλαίσιο αξιολόγησης, μέσα από το οποίο να μπορεί να εξεταστεί η επίδραση μεταβολών στις βασικές παραμέτρους κόστους, χρόνου, παραγωγικότητας και ανθρώπινων πόρων.

Η ανάλυση ευαισθησίας, ως μεθοδολογικό εργαλείο, δεν αποσκοπεί μόνο στον υπολογισμό αριθμητικών αποκλίσεων, αλλά κυρίως στον εντοπισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν περισσότερο την τελική απόδοση ενός έργου. Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, η αξία της ανάλυσης ευαισθησίας έγκειται στο ότι επιτρέπει στον ερευνητή και στη διοίκηση του έργου να κατανοήσουν ποιοι παράγοντες λειτουργούν ως βασικοί drivers και ποιοι έχουν περιορισμένη επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα (Saltelli et al., 2004; Pannell, 1997). Στο πλαίσιο αυτό, τα ποσοστά 5%, 10% και 15% χρησιμοποιούνται ως κλιμακωτά επίπεδα ελέγχου της συμπεριφοράς του έργου.

Το ποσοστό **5%** αντιπροσωπεύει ένα ήπιο επίπεδο μεταβολής. Εκφράζει μικρές αποκλίσεις που μπορούν να εμφανιστούν ακόμη και σε ένα καλά οργανωμένο και ελεγχόμενο έργο μεγάλης κλίμακας. Τέτοιες αποκλίσεις μπορεί να σχετίζονται με περιορισμένες αυξήσεις τιμών, μικρές διαφοροποιήσεις στις ποσότητες, ελεγχόμενες καθυστερήσεις προμηθειών, μικρή μείωση της παραγωγικότητας ή φυσιολογικές διακυμάνσεις στην απόδοση των συνεργείων. Το 5% λειτουργεί ως αρχικό επίπεδο ευαισθησίας, μέσω του οποίου εξετάζεται εάν το έργο μπορεί να απορροφήσει μικρές μεταβολές χωρίς ουσιαστική διατάραξη του συνολικού κόστους ή της διάρκειας.

Το ποσοστό **10%** επιλέχθηκε ως βασικό και ρεαλιστικό σενάριο πίεσης. Πρόκειται για ένα επίπεδο μεταβολής αρκετά σημαντικό ώστε να προκαλεί μετρήσιμη επίδραση στο έργο, χωρίς όμως να θεωρείται ακραίο. Η χρήση του 10% επιτρέπει τη σύγκριση των κρίσιμων μεταβλητών υπό ένα κοινό και κατανοητό επίπεδο μεταβολής. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διαπιστωθεί ποια κατηγορία κόστους, ποια χρονική

παράμετρος ή ποιος παράγοντας παραγωγικότητας επηρεάζει περισσότερο το συνολικό αποτέλεσμα. Για τον λόγο αυτό, το 10% αξιοποιείται ως κεντρικό σημείο αναφοράς της ανάλυσης, καθώς ισορροπεί ανάμεσα σε μια απλή ήπια απόκλιση και σε ένα δυσμενέστερο σενάριο.

Το ποσοστό **15%** αντιπροσωπεύει ένα δυσμενέστερο επίπεδο μεταβολής. Δεν εκφράζει ένα ακραίο ή καταστροφικό γεγονός, αλλά μια αυξημένη συνθήκη πίεσης, η οποία είναι πιθανό να εμφανιστεί σε σύνθετα κατασκευαστικά έργα λόγω συνδυασμού παραγόντων. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η αύξηση τιμών βασικών υλικών, η δυσκολία εξεύρεσης εξειδικευμένων συνεργείων, η μείωση παραγωγικότητας λόγω εργοταξιακής συμφόρησης, οι καθυστερήσεις προμηθειών, οι τεχνικές εκκρεμότητες, οι εγκρίσεις, καθώς και οι συνθήκες αγοράς. Το 15% χρησιμοποιείται επομένως ως stress level, μέσω του οποίου εξετάζεται η ανθεκτικότητα του έργου σε πιο απαιτητικές συνθήκες.

Η διαβάθμιση **5% – 10% – 15%** δημιουργεί μια προοδευτική μεθοδολογική κλίμακα. Το 5% αντιστοιχεί σε ήπια απόκλιση, το 10% σε ρεαλιστική και ουσιαστική μεταβολή, ενώ το 15% σε δυσμενέστερη κατάσταση ελέγχου. Με τον τρόπο αυτό, η ανάλυση δεν εξετάζει μόνο εάν μια μεταβλητή επηρεάζει το έργο, αλλά και πώς μεταβάλλεται η επίδρασή της όσο αυξάνεται η ένταση της απόκλισης. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων και επιτρέπει την πιο καθαρή ιεράρχηση των κρίσιμων παραμέτρων.

Η επιλογή των συγκεκριμένων ποσοστών συνδέεται επίσης με τον χαρακτήρα των διαθέσιμων δεδομένων της παρούσας εργασίας. Η μελέτη βασίζεται σε πραγματικό προϋπολογισμό και πραγματικό χρονοδιάγραμμα του έργου, γεγονός που ενισχύει την πρακτική αξία της ανάλυσης. Ωστόσο, δεν υπήρχαν πλήρη ιστορικά στατιστικά δεδομένα από αντίστοιχα έργα, τα οποία θα επέτρεπαν την αξιόπιστη τεκμηρίωση πιθανοτικών κατανομών για χρήση σε εξειδικευμένο λογισμικό προσομοίωσης, όπως το @RISK. Για τον λόγο αυτό, επιλέχθηκε η μεθοδολογία συγκεκριμένων σεναρίων ευαισθησίας αντί της πιθανοτικής προσομοίωσης Monte Carlo.

Η επιλογή αυτή δεν μειώνει την αξία της ανάλυσης. Αντίθετα, την καθιστά περισσότερο διαφανή, ελέγξιμη και εφαρμόσιμη στο πλαίσιο της διοίκησης έργου. Σε περιβάλλοντα όπου δεν υπάρχουν επαρκή στατιστικά δεδομένα για ασφαλή

πιθανοτική μοντελοποίηση, η χρήση προκαθορισμένων σεναρίων αποτελεί αποδεκτή και πρακτικά χρήσιμη μέθοδο διερεύνησης της αβεβαιότητας. Η σεναριακή ανάλυση επιτρέπει την αξιολόγηση εναλλακτικών καταστάσεων, την κατανόηση της πιθανής επίδρασης βασικών μεταβλητών και την υποστήριξη διοικητικών αποφάσεων σε συνθήκες περιορισμένης πληροφόρησης.

Επιπλέον, η χρήση κοινών ποσοστών μεταβολής σε διαφορετικές κατηγορίες επιτρέπει την ομοιόμορφη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, μια αύξηση 10% σε μια μεγάλη κατηγορία κόστους, όπως το σκυρόδεμα ή οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, έχει σημαντικά διαφορετική επίδραση από την ίδια ποσοστιαία αύξηση σε μια μικρότερη κατηγορία. Αντίστοιχα, μια μείωση παραγωγικότητας κατά 10% μπορεί να οδηγήσει σε πολύ μεγαλύτερη χρονική επιβάρυνση εάν επηρεάζει δραστηριότητες της κρίσιμης διαδρομής. Συνεπώς, τα ποσοστά αυτά λειτουργούν ως κοινή βάση σύγκρισης και όχι ως απόλυτη πρόβλεψη.

Από διοικητική άποψη, η επιλογή των ποσοστών 5%, 10% και 15% επιτρέπει τη μετάφραση των αριθμητικών αποτελεσμάτων σε πρακτικά συμπεράσματα. Το 5% δείχνει ποιες αποκλίσεις μπορούν να θεωρηθούν διαχειρίσιμες. Το 10% αναδεικνύει τις μεταβλητές που απαιτούν συστηματική παρακολούθηση. Το 15% δείχνει τις περιοχές όπου απαιτείται προληπτική στρατηγική, αυξημένος έλεγχος και πιθανή ενεργοποίηση διορθωτικών μέτρων. Με αυτόν τον τρόπο, η ανάλυση συνδέεται άμεσα με τη λογική των project controls και δεν παραμένει σε θεωρητικό επίπεδο.

Η συγκεκριμένη επιλογή ενισχύει επίσης την πρωτοτυπία της εργασίας, καθώς τα ποσοστά μεταβολής δεν χρησιμοποιούνται αποσπασματικά, αλλά εντάσσονται σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο αξιολόγησης κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας. Η ίδια κλιμακωτή λογική εφαρμόζεται σε διαφορετικές διαστάσεις του έργου, επιτρέποντας τη σύνθεση των αποτελεσμάτων και τη διαμόρφωση συνολικής εικόνας για τη συμπεριφορά του έργου υπό διαφορετικά επίπεδα αβεβαιότητας. Έτσι, η εργασία δεν περιορίζεται σε έναν απλό οικονομικό υπολογισμό, αλλά αναπτύσσει ένα ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης της ευαισθησίας του έργου.

Συνεπώς, τα ποσοστά **5%, 10% και 15%** επιλέχθηκαν επειδή συνδυάζουν απλότητα, διαφάνεια, συγκρισιμότητα και πρακτική χρησιμότητα. Παρέχουν ένα σαφές και τεκμηριωμένο πλαίσιο για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς του έργου,

χωρίς να απαιτείται πιθανοτική μοντελοποίηση για την οποία δεν υπήρχαν επαρκή στατιστικά δεδομένα. Η χρήση τους επιτρέπει τον εντοπισμό των κρίσιμων drivers, την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας του έργου και τη διαμόρφωση διοικητικών προτάσεων για έλεγχο, πρόληψη και βελτιστοποίηση.

Με βάση τα παραπάνω, η επιλογή των ποσοστών μεταβολής δεν αποτελεί απλή τεχνική παραδοχή, αλλά ουσιαστικό μέρος της ερευνητικής μεθοδολογίας. Τα ποσοστά 5%, 10% και 15% λειτουργούν ως ελεγχόμενα επίπεδα αβεβαιότητας, μέσω των οποίων η εργασία καταφέρνει να μετατρέψει τα πραγματικά δεδομένα κόστους και χρονοδιαγράμματος σε εργαλείο διοικητικής αξιολόγησης και υποστήριξης αποφάσεων. Με τον τρόπο αυτό, η ανάλυση ευαισθησίας αποκτά τόσο επιστημονική τεκμηρίωση όσο και πρακτική αξία για τη διοίκηση κατασκευαστικών έργων μεγάλης κλίμακας.

Εύρος	Ερμηνεία	Χρήση στην Ανάλυση
±5%	Ήπια μεταβολή	Κανονικές συνθήκες αγοράς ή μικρές αποκλίσεις από τον αρχικό προϋπολογισμό
±10%	Ρεαλιστική πίεση	Συνήθεις αυξήσεις τιμών ή μέτρια διαταραχή στο κόστος και στο χρονοδιάγραμμα
±15%	Σενάριο πίεσης	Δυσμενές περιβάλλον αγοράς ή ισχυρή αστάθεια στις τιμές υλικών, εργασίας και προμηθειών
+15 ημέρες	Μικρή καθυστέρηση	Τοπικό πρόβλημα ή μεμονωμένη καθυστέρηση που δεν επηρεάζει σημαντικά το συνολικό έργο
+30 ημέρες	Σημαντική καθυστέρηση	Καθυστέρηση που μπορεί να επηρεάσει κρίσιμες δραστηριότητες και να απαιτήσει αναπρογραμματισμό
+45 ημέρες	Σοβαρή καθυστέρηση	Υψηλός κίνδυνος παράτασης του έργου και σημαντική επίδραση στο κόστος, στους πόρους και στην παράδοση

Πίνακας 5.4.3 – Αιτιολόγηση Επιλεγμένου Εύρους Ανάλυσης Ευαισθησίας

5.4.6 Γιατί οι Καθυστερήσεις Εκφράζονται σε Ημέρες

Για χρονικές μεταβλητές χρησιμοποιούνται τιμές όπως +15, +30 και +45 ημέρες αντί ποσοστά, διότι στη διοίκηση έργων οι καθυστερήσεις γίνονται πιο κατανοητές και πιο λειτουργικές όταν αποτυπώνονται σε ημερολογιακή μονάδα.

- +15 ημέρες = περιορισμένη απόκλιση
- +30 ημέρες = σοβαρή αλλά διαχειρίσιμη καθυστέρηση
- +45 ημέρες = κρίσιμο δυσμενές σενάριο

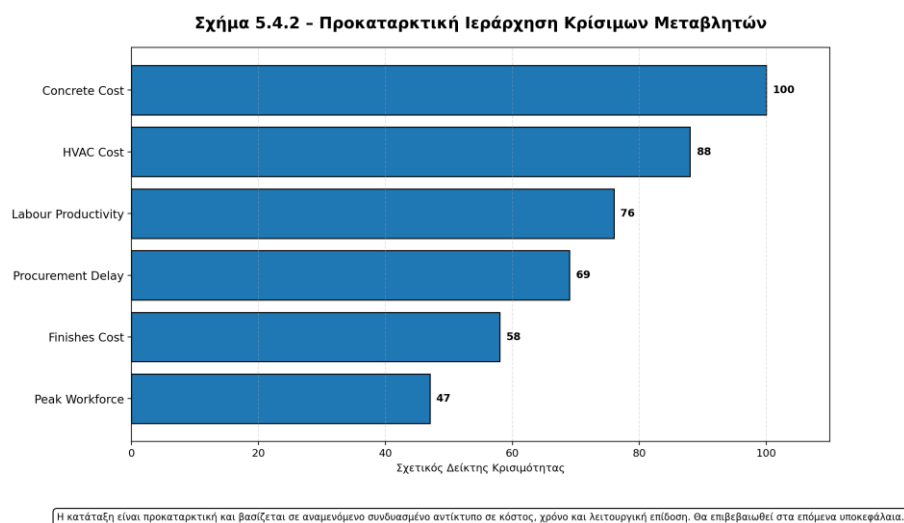
Η επιλογή είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για σύγκριση με το αρχικό χρονοδιάγραμμα των 606 ημερών.

5.4.7 Αναμενόμενη Συμπεριφορά των Μεταβλητών

Πριν την ποσοτική ανάλυση, αναμένεται ότι οι μεταβλητές με τη μεγαλύτερη επίδραση θα είναι:

1. Concrete Cost
2. HVAC Cost
3. Labour Productivity
4. Procurement Delay
5. Finishes Cost

Η υπόθεση αυτή θα ελεγχθεί εμπειρικά στα επόμενα υποκεφάλαια.



5.4.8 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου

Η επιλογή των μεταβλητών και των εύρων μεταβολής αποτελεί ουσιαστικά τη «σχεδίαση πειράματος» της παρούσας ανάλυσης ευαισθησίας. Οι παράγοντες που επιλέχθηκαν δεν είναι τυχαίοι, αλλά αντανakλούν τα πραγματικά χαρακτηριστικά του έργου, τις συνθήκες της αγοράς και τη λογική της σύγχρονης διοίκησης έργων. Με τον τρόπο αυτό, τα αποτελέσματα που θα παρουσιαστούν στα επόμενα υποκεφάλαια θα διαθέτουν τόσο τεχνική αξιοπιστία όσο και πρακτική χρησιμότητα.

Στο επόμενο υποκεφάλαιο ακολουθεί η **5.5 Ανάλυση Ευαισθησίας Κόστους**, όπου οι μεταβλητές κόστους θα μεταβληθούν συστηματικά και θα μετρηθεί η επίδρασή τους στον συνολικό προϋπολογισμό.

5.5 Ανάλυση Ευαισθησίας Κόστους με Βάση τον Πραγματικό Προϋπολογισμό του Έργου

Η ανάλυση ευαισθησίας κόστους αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους μηχανισμούς ποσοτικής διερεύνησης αβεβαιότητας στη διοίκηση τεχνικών έργων. Στο περιβάλλον των σύγχρονων κατασκευών, η αρχική εκτίμηση προϋπολογισμού σπάνια παραμένει αμετάβλητη έως την ολοκλήρωση του έργου. Μεταβολές στις τιμές πρώτων υλών, διακυμάνσεις εργατικού κόστους, καθυστερήσεις προμηθειών, αλλαγές σχεδιασμού, πληθωριστικές πιέσεις και αστάθεια εφοδιαστικών αλυσίδων δημιουργούν ένα δυναμικό πλαίσιο στο οποίο το κόστος μεταβάλλεται συνεχώς. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση ενός προϋπολογισμού δεν αρκεί να είναι στατική· απαιτείται και δυναμική προσέγγιση, η οποία να εξετάζει πώς αντιδρά το σύστημα όταν οι κρίσιμες παράμετροι μεταβάλλονται.

Η παρούσα ενότητα εφαρμόζει την ανάλυση ευαισθησίας στον πραγματικό αναθεωρημένο καθαρό προϋπολογισμό του έργου, ο οποίος ανέρχεται σε **43.769.899,80 €**. Η χρήση πραγματικών δεδομένων ενισχύει σημαντικά την ερευνητική αξία της μελέτης, καθώς τα αποτελέσματα δεν αποτελούν θεωρητική προσομοίωση αλλά προκύπτουν από πραγματική δομή κόστους σύνθετου τουριστικού έργου μεγάλης κλίμακας.

Σε μεθοδολογικό επίπεδο, η ανάλυση επιδιώκει να απαντήσει στα εξής κρίσιμα ερωτήματα:

- Ποιες κατηγορίες κόστους επηρεάζουν δυσανάλογα τον συνολικό προϋπολογισμό;
- Πόσο ευάλωτο είναι το έργο σε μεταβολές αγοράς;
- Ποιες αυξήσεις μπορούν να απορροφηθούν από τα απρόβλεπτα;
- Πού πρέπει να εστιάσει η διοίκηση έργου τους μηχανισμούς ελέγχου;
- Ποια είναι η οικονομική επίδραση σύνθετων σεναρίων πληθωρισμού;

Η ανάλυση αυτή εντάσσεται στη λογική των **project controls**, όπου το κόστος αντιμετωπίζεται όχι μόνο ως απολογιστικό μέγεθος αλλά ως μεταβλητό σύστημα που απαιτεί συνεχή πρόβλεψη, παρακολούθηση και διορθωτικές ενέργειες.

5.5.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο της Ανάλυσης Ευαισθησίας Κόστους

Η ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis) χρησιμοποιείται ευρέως στην οικονομική επιστήμη, στη μηχανική συστημάτων και στη διοίκηση έργων, προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση μεταβολών εισροών σε ένα αποτέλεσμα. Στην παρούσα εργασία, το αποτέλεσμα είναι ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου, ενώ οι εισροές είναι οι επιμέρους κατηγορίες κόστους.

Η βασική αρχή είναι ότι δεν έχουν όλες οι μεταβλητές την ίδια ισχύ. Ορισμένες κατηγορίες είναι σχετικά αμελητέες, ενώ άλλες μπορούν με μικρή μόνο μεταβολή να επηρεάσουν έντονα το τελικό αποτέλεσμα. Η αναγνώριση αυτών των μεταβλητών είναι κρίσιμη για αποτελεσματική διοίκηση.

Η ανάλυση ευαισθησίας λειτουργεί ως «εργαστήριο αποφάσεων». Αντί να περιμένει η διοίκηση να συμβούν πραγματικές αποκλίσεις, εξετάζει εκ των προτέρων ποια θα ήταν η επίδρασή τους. Έτσι, μετατρέπεται η αβεβαιότητα σε μετρήσιμη πληροφορία.

5.5.2 Ερευνητική Μεθοδολογία και Χρήση Λογισμικού

Η ποσοτική ανάλυση υλοποιήθηκε κυρίως μέσω **Microsoft Excel**, το οποίο επιλέχθηκε ως βασικό εργαλείο τεχνικοοικονομική διαχείριση κόστους (cost engineering) λόγω της δυνατότητας διαχείρισης δομημένων οικονομικών δεδομένων και εφαρμογής υποθετικών σεναρίων (what-if).

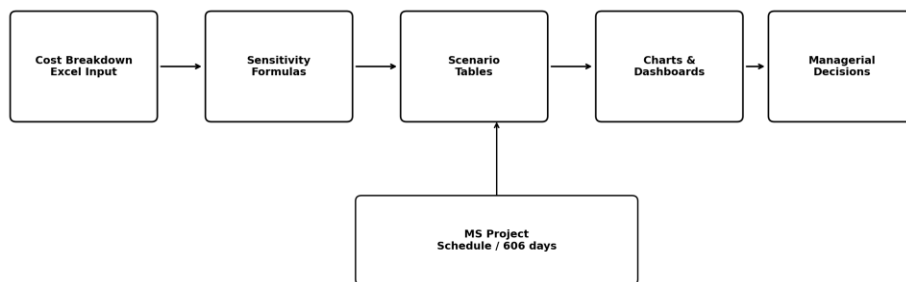
Στο Excel αναπτύχθηκε μοντέλο εργασίας που περιλάμβανε:

- πίνακα Δομής Ανάλυσης Κόστους (cost breakdown structure),
- υπολογισμό ποσοστών συμμετοχής ανά κατηγορία,
- αυτόματους τύπους αύξησης / μείωσης,
- πίνακες σεναρίων,
- μήτρες ανάλυσης ευαισθησίας-πίνακες (sensitivity matrices),
- tornado ranking,
- συγκριτικά γραφήματα.

Παράλληλα, αξιοποιήθηκαν στοιχεία από το **Microsoft Project**, κυρίως για τη σύνδεση οικονομικών μεταβολών με το αρχικό χρονοδιάγραμμα των 606 ημερών. Η σύνδεση αυτή είναι κρίσιμη, διότι σε πραγματικά έργα οι αυξήσεις κόστους συχνά συνδέονται με χρονικές παρατάσεις.

Η χρήση δύο λογισμικών ακολουθεί τη σύγχρονη λογική του ολοκληρωμένου συστήματος ελέγχου έργου (integrated controls), σύμφωνα με το οποίο το κόστος, ο χρόνος και οι πόροι αποτελούν αλληλένδετα συστήματα.

Σχήμα 5.5.1 - Integrated Cost Analysis Workflow (Excel & MS Project)



Το Excel χρησιμοποιείται για τους οικονομικούς υπολογισμούς και το MS Project για τη χρονική συσχέτιση του κόστους.

5.5.3 Δομή του Πραγματικού Προϋπολογισμού

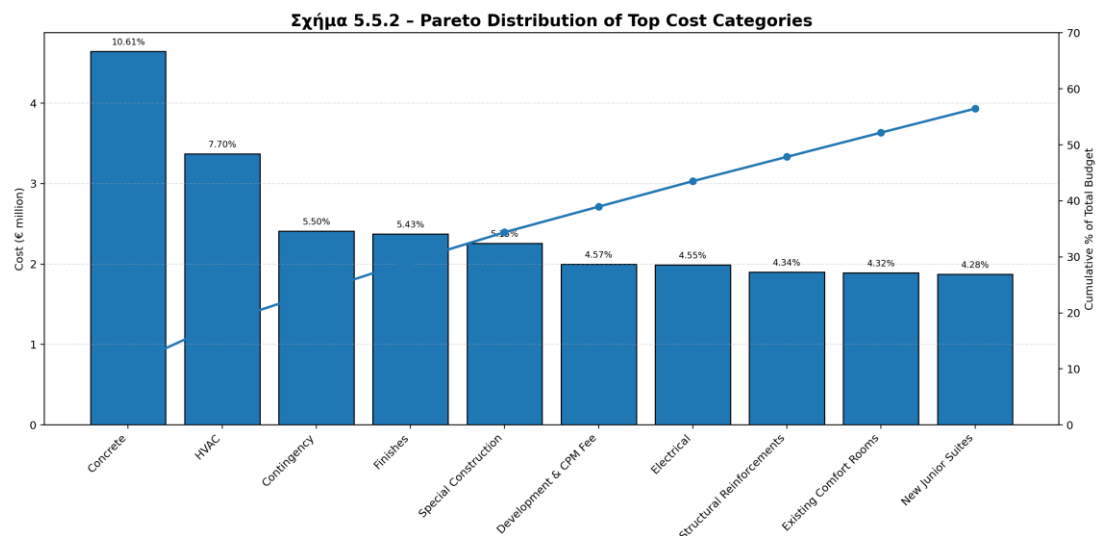
Ο συνολικός προϋπολογισμός των 43,77 εκατ. ευρώ κατανέμεται σε μεγάλο αριθμό κατηγοριών. Ωστόσο, η ανάλυση έδειξε ότι σημαντικό ποσοστό συγκεντρώνεται σε περιορισμένο αριθμό στοιχείων. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τη λογική Pareto (80/20 principle), σύμφωνα με την οποία λίγες αιτίες παράγουν το μεγαλύτερο μέρος των αποτελεσμάτων.

Οι δέκα μεγαλύτερες κατηγορίες κόστους συγκεντρώνουν ιδιαίτερα σημαντικό ποσοστό του budget και συνεπώς αποτελούν το βασικό πεδίο διερεύνησης.

Κατάταξη	Κατηγορία	Κόστος (€)	Ποσοστό
1	Concrete	4.642.253,80	10,61%
2	HVAC	3.370.000,00	7,70%
3	Contingency	2.408.922,34	5,50%
4	Finishes	2.374.944,41	5,43%
5	Special Construction	2.256.290,50	5,15%

Πίνακας 5.5.1- Κύριες κατηγορίες κόστους

Η συγκέντρωση κόστους στις παραπάνω κατηγορίες υποδηλώνει ότι η διοίκηση έργου μπορεί να επιτύχει δυσανάλογα μεγάλο όφελος εστιάζοντας στους συγκεκριμένους τομείς.



5.5.4 One-Way Sensitivity Analysis

Η πρώτη φάση της ανάλυσης βασίζεται στη μεθοδολογία **one-way sensitivity analysis** (ανάλυση μιας μεταβλητής). Σε αυτήν, μεταβάλλεται μία κατηγορία κάθε φορά, ενώ όλες οι υπόλοιπες διατηρούνται σταθερές. Η μέθοδος επιτρέπει καθαρή απομόνωση της επίδρασης κάθε παράγοντα.

Η βασική σχέση υπολογισμού είναι:

$$\Delta K = BK \times r \quad (\text{σχ. 5.7})$$

όπου:

- ΔK = μεταβολή κόστους
- BK = βασικό κόστος κατηγορίας
- r = ποσοστό μεταβολής

Η νέα συνολική δαπάνη υπολογίζεται ως:

$$N\Delta K = \text{Budget} + \Delta K \quad (\text{σχ. 5.8})$$

Η επιλογή της μεθόδου θεωρείται κατάλληλη για πρώτο στάδιο, καθώς προσφέρει υψηλή ερμηνευσιμότητα και σαφήνεια.

5.5.5 Ανάλυση Σεναρίου +10%

Το σενάριο αύξησης **+10%** θεωρείται ρεαλιστική αγορά υπό πίεση. Δεν αποτελεί ακραία υπόθεση, αλλά ούτε και αμελητέα απόκλιση.

Κατηγορία	Επιβάρυνση (€)	Επίδραση
Concrete	464.225,38	+1,06%
HVAC	337.000,00	+0,77%
Contingency	240.892,23	+0,55%
Finishes	237.494,44	+0,54%
Special Construction	225.629,05	+0,52%

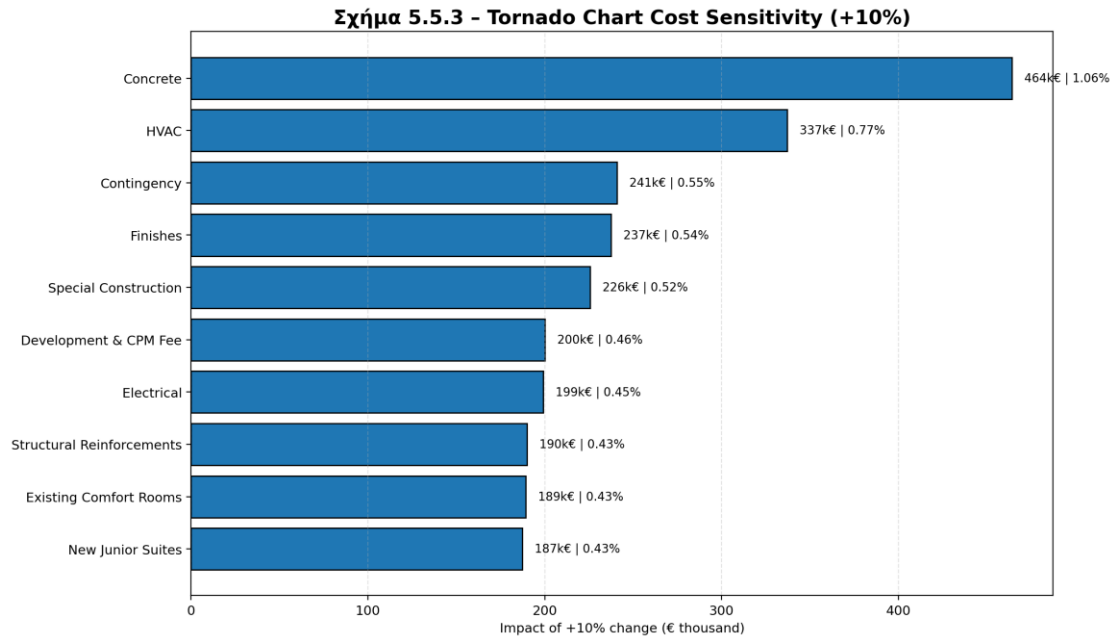
Πίνακας 5.5.2- Επίδραση +10%

Η ανάλυση αποδεικνύει ότι το Concrete αποτελεί τον κυριότερο οικονομικό παράγοντα. Η αύξηση της τιμής σκυροδέματος ή συναφών εργασιών μπορεί να προέλθει από:

- αυξήσεις πρώτων υλών,
- καύσιμα μεταφοράς,
- υπεργολαβικά κόστοι,

- επανασχεδιασμό ποσοτήτων.

Το HVAC κατατάσσεται δεύτερο, γεγονός που εξηγείται από την τεχνική πολυπλοκότητα και τη διεθνή εξάρτηση προμηθειών.



5.5.6 Πολυμεταβλητά Σενάρια (Multi-variable Scenarios)

Η πραγματικότητα των έργων δεν χαρακτηρίζεται από μεμονωμένες αυξήσεις, αλλά από ταυτόχρονες πιέσεις. Για τον λόγο αυτό εξετάζονται σύνθετα σενάρια.

Σενάριο Α – Πίεση Αγοράς

Ήπια ταυτόχρονη αύξηση βασικών κατηγοριών.

Σενάριο Β – Αναβάθμιση Υψηλών Προδιαγραφών

Αναβάθμιση τελικού προϊόντος μέσω τελικών εργασιών και εξοπλισμού / επίπλωσης.

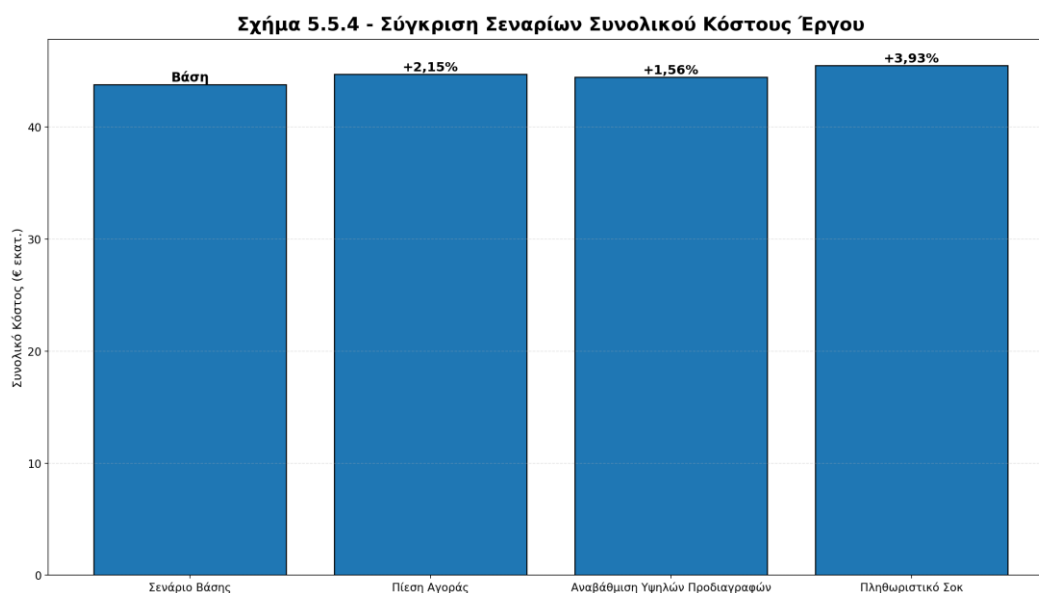
Σενάριο C – Πληθωριστικό Σοκ

Συνδυασμένη αύξηση δομικών, Η/Μ και λειτουργικών στοιχείων.

Σενάριο	Πρόσθετο Κόστος (€)	Μεταβολή
A	940.762,88	+2,15%
B	682.979,14	+1,56%
C	1.721.805,30	+3,93%

Πίνακας 5.5.3 - Συγκριτικά σενάρια

Το σενάριο C αναδεικνύει τη μεγαλύτερη έκθεση του έργου σε πληθωριστικές πιέσεις. Η αύξηση σχεδόν 1,72 εκατ. ευρώ δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα και πιθανόν να απαιτούσε αναθεώρηση χρηματοδοτικής στρατηγικής.

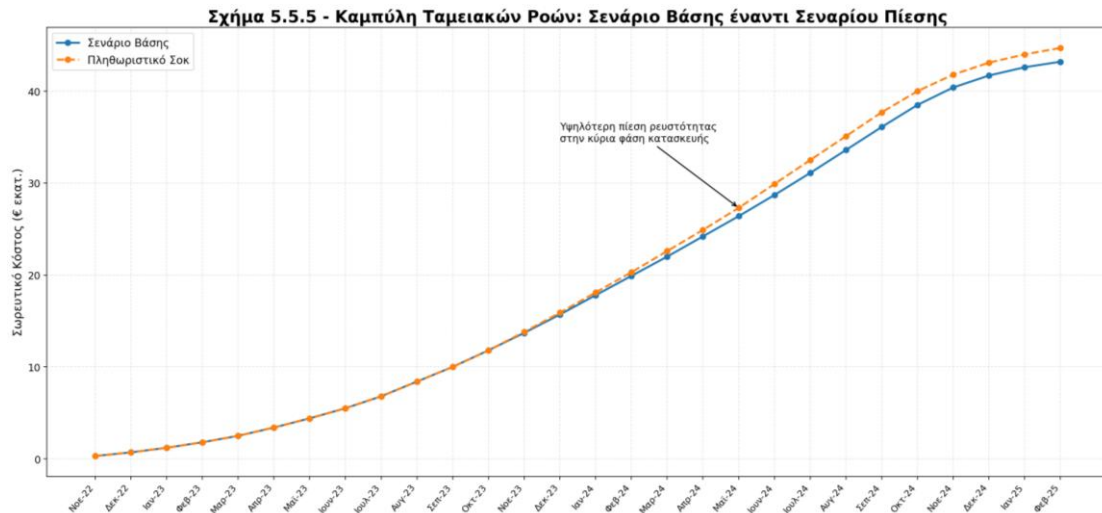


5.5.7 Ευαισθησία κόστους και Ρευστότητα

Η ανάλυση κόστους δεν περιορίζεται στο τελικό ποσό. Η χρονική στιγμή εμφάνισης της επιβάρυνσης έχει εξίσου μεγάλη σημασία. Εάν η αύξηση αφορά κατηγορίες που εκτελούνται στο μέσο της κατασκευής, τότε η ανάγκη χρηματοδότησης εμφανίζεται όταν ήδη οι εκροές βρίσκονται στο υψηλότερο σημείο.

Συνεπώς, ακόμη και ελεγχόμενη αύξηση κόστους μπορεί να δημιουργήσει προσωρινή πίεση ρευστότητας.

Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη σε επενδυτικά έργα με τραπεζική χρηματοδότηση ή σταδιακές εκταμιεύσεις.



5.5.8 Διοικητικές Προεκτάσεις

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης οδηγούν σε πρακτικές κατευθύνσεις:

- Προτεραιότητα στις προμήθειες HVAC (**HVAC procurement priority**)
- Συμβολαιακή προστασία των πακέτων σκυροδέματος / δομικών εργασιών (**contractual protection of concrete packages**)
- Αυστηρή οριστικοποίηση σχεδιασμού στα τελειώματα (**strict design freeze for finishes**)
- Κυλίστρια επανεξέταση του αποθεματικού απρόβλεπτων (**rolling review of contingency reserve**)
- Μηνιαίος πίνακας παρακολούθησης αποκλίσεων (**monthly deviations dashboard**)
- Δείκτες έγκαιρης προειδοποίησης για κατηγορίες υψηλού κινδύνου (**early warning indicators for high-risk categories**)

Η ουσία της ανάλυσης είναι ότι επιτρέπει προληπτική διοίκηση και όχι παθητική καταγραφή αποκλίσεων.

5.5.9 Επιστημονική Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων

Η ανάλυση επιβεβαιώνει βασικές αρχές της θεωρίας project economics:

1. Οι αποκλίσεις συγκεντρώνονται σε λίγες κρίσιμες κατηγορίες.
2. Το αρχικό μέγεθος μιας δαπάνης επηρεάζει δυσανάλογα την ευαισθησία.

3. Οι συνδυασμένες μεταβολές είναι σημαντικότερες από τις μεμονωμένες.
4. Η σχέση κόστους και χρόνου είναι αμφίδρομη.
5. Η ύπαρξη απρόβλεπτων αποτελεί στρατηγικό μηχανισμό ανθεκτικότητας.

5.5.10 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου

Η παρούσα ανάλυση ευαισθησίας κόστους, βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα έργου, απέδειξε ότι ο οικονομικός κίνδυνος του εξεταζόμενου resort δεν κατανέμεται ομοιόμορφα αλλά συγκεντρώνεται κυρίως στις κατηγορίες Concrete, HVAC, Finishes και Contingency.

Η διοίκηση έργου, εστιάζοντας συστηματικά στις κατηγορίες αυτές, μπορεί να μειώσει ουσιαστικά την πιθανότητα υπέρβασης προϋπολογισμού και να ενισχύσει τη χρηματοοικονομική σταθερότητα του έργου. Η ανάλυση επομένως λειτουργεί όχι μόνο ως ακαδημαϊκή μέθοδος, αλλά ως πρακτικός μηχανισμός στρατηγικής διοίκησης.

Στο επόμενο υποκεφάλαιο θα εξεταστεί η **Ανάλυση Ευαισθησίας Χρόνου**, όπου θα διερευνηθεί πώς καθυστερήσεις, παραγωγικότητα και μεταβολές sequencing επηρεάζουν τη συνολική διάρκεια των 606 ημερών.

5.6 Ανάλυση Ευαισθησίας Χρόνου

Η ανάλυση ευαισθησίας χρόνου αποτελεί ένα από τα πλέον ουσιαστικά στάδια της παρούσας μελέτης, καθώς επιτρέπει τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο το χρονοδιάγραμμα του έργου αντιδρά σε μεταβολές κρίσιμων παραμέτρων εκτέλεσης. Σε ένα έργο όπως το υπό εξέταση ξενοδοχειακό συγκρότημα μεγάλης κλίμακας, η διάσταση του χρόνου δεν περιορίζεται σε μια τεχνική μεταβλητή του προγραμματισμού, αλλά συνδέεται άμεσα με την οικονομική απόδοση της επένδυσης, τη λειτουργική ετοιμότητα του συγκροτήματος και τη δυνατότητα έγκαιρης έναρξης εμπορικής εκμετάλλευσης. Με άλλα λόγια, η χρονική απόκλιση δεν αποτελεί μόνο διαχειριστικό πρόβλημα· αποτελεί και στρατηγικό κίνδυνο.

Η βασική διάρκεια του έργου, όπως αυτή προκύπτει από το baseline χρονοδιάγραμμα, έχει προσδιοριστεί στις **606 ημερολογιακές ημέρες**. Η διάρκεια αυτή χρησιμοποιείται ως χρονική βάση αναφοράς για όλη την ανάλυση. Η έννοια της

ευαισθησίας, στο πλαίσιο αυτό, αφορά τον βαθμό στον οποίο η συνολική διάρκεια του έργου μεταβάλλεται όταν διαφοροποιούνται ορισμένοι βασικοί παράγοντες, όπως η παραγωγικότητα, η διαθεσιμότητα συνεργείων, οι χρόνοι προμηθειών, οι εξωτερικές διαταραχές ή οι καθυστερήσεις στις τελικές φάσεις ελέγχου και παράδοσης.

Από θεωρητική σκοπιά, η χρονική συμπεριφορά ενός σύνθετου κατασκευαστικού έργου δεν μπορεί να ερμηνευθεί επαρκώς με την απλή λογική της πρόσθεσης επιμέρους καθυστερήσεων. Αντίθετα, το χρονοδιάγραμμα πρέπει να αντιμετωπιστεί ως **δυναμικό σύστημα**, στο οποίο οι φάσεις του έργου αλληλεξαρτώνται. Η επίδραση μιας καθυστέρησης δεν περιορίζεται στην άμεση μετατόπιση μιας δραστηριότητας, αλλά συχνά προκαλεί αλυσιδωτές επιδράσεις στη λογική αλληλουχία, στην αξιοποίηση των πόρων, στην επικάλυψη εργασιών και στη δομή της κρίσιμης διαδρομής. Για τον λόγο αυτό, η παρούσα ανάλυση υιοθετεί μια διευρυμένη προσέγγιση, όπου ο χρόνος εξετάζεται όχι μόνο ως αποτέλεσμα προγραμματισμού, αλλά και ως συνάρτηση της παραγωγικής, οργανωτικής και λειτουργικής συμπεριφοράς του έργου.

Μια συνοπτική συστημική διατύπωση της διάρκειας μπορεί να αποδοθεί ως εξής:

$$T = f(P, R, S, L, E) \quad (\text{σχ. 5.9})$$

όπου T είναι η συνολική διάρκεια του έργου, P η παραγωγικότητα, R_{oi} διαθέσιμοι πόροι, S η αλληλουχία και ο χρονικός συντονισμός των δραστηριοτήτων, L_{oi} χρόνοι προμηθειών και εφοδιαστικής υποστήριξης, και E_{oi} εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εκτέλεση. Η σχέση αυτή εκφράζει με σαφήνεια ότι η διάρκεια δεν είναι σταθερή τιμή, αλλά μεταβλητή που επηρεάζεται από ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων συνθηκών.

Σε μεθοδολογικό επίπεδο, η ανάλυση οργανώνεται σε δύο βασικά επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο εξετάζονται **μεμονωμένα σενάρια** μεταβολής συγκεκριμένων παραγόντων, ώστε να απομονωθεί η καθαρή επίδρασή τους. Στο δεύτερο επίπεδο εξετάζονται **συνδυασμένα σενάρια**, τα οποία αποτυπώνουν πιο ρεαλιστικά την πραγματικότητα του εργοταξίου, όπου οι αποκλίσεις σπάνια εμφανίζονται μεμονωμένα. Για τη μέτρηση της επίδρασης χρησιμοποιείται η σχέση ποσοστιαίας χρονικής μεταβολής:

$$\% \Delta T = \frac{\Delta T}{T_0} \times 100 \quad (\text{σχ. 5.10})$$

όπου ΔT είναι η μεταβολή της διάρκειας και T_0 η αρχική διάρκεια βάσης, δηλαδή οι 606 ημέρες.

5.6.1 Ανάλυση μεμονωμένων σεναρίων χρονικής απόκλισης

Το πρώτο σενάριο αφορά καθυστέρηση προμηθειών, κυρίως σε κατηγορίες που σχετίζονται με μηχανολογικό εξοπλισμό, Η/Μ συστήματα, ειδικά τελειώματα ή λοιπά στοιχεία με μεγάλο χρόνο παράδοσης. Η υπόθεση αυτή είναι απολύτως ρεαλιστική για ένα μεγάλο resort σε νησιωτική τοποθεσία, όπου η αλυσίδα εφοδιασμού είναι περισσότερο ευάλωτη σε καθυστερήσεις μεταφορών, καθυστερήσεις παραγωγής, ζητήματα διαθεσιμότητας ή αλλαγές στο πλάνο προμηθειών (procurement planning).

Εξετάζεται καθυστέρηση προμηθειών **30 ημερών**. Συνεπώς, η νέα διάρκεια του έργου είναι:

$$T_1 = T_0 + \Delta T = 606 + 30 = 636 \text{ ημέρες} \quad (\text{σχ. 5.11})$$

και η ποσοστιαία μεταβολή:

$$\% \Delta T = \frac{30}{606} \times 100 = 4,95\% \quad (\text{σχ. 5.12})$$

Το αποτέλεσμα δείχνει ότι ακόμη και μια μεμονωμένη διαταραχή ενός μήνα αρκεί για να προκαλέσει ουσιαστική χρονική απόκλιση στο συνολικό έργο. Η σημασία της συγκεκριμένης επίδρασης είναι ιδιαίτερα μεγάλη, επειδή οι καθυστερήσεις προμηθειών δεν επηρεάζουν μόνο την αντίστοιχη εργασία, αλλά και τις διαδοχικές δραστηριότητες που εξαρτώνται από αυτή.

Το δεύτερο σενάριο αφορά **μείωση της παραγωγικότητας**. Η παραγωγικότητα είναι μια από τις πιο κρίσιμες χρονικές μεταβλητές, καθώς επηρεάζει άμεσα την ταχύτητα εκτέλεσης των εργασιών και έμμεσα τη δυνατότητα τήρησης της λογικής ροής του έργου. Για μια δεδομένη ποσότητα εργασίας, η διάρκεια μπορεί να θεωρηθεί αντιστρόφως ανάλογη της παραγωγικότητας:

$$T = \frac{Work}{Productivity} \quad (\text{σχ. 5.13})$$

Εάν θεωρηθεί μείωση παραγωγικότητας κατά **10%**, τότε η θεωρητική νέα διάρκεια δίνεται από:

$$T_{new} = \frac{T_0}{1 - r} = \frac{606}{0,90} = 673,33 \text{ ημέρες} \quad (\text{σχ. 5.14})$$

Η καθαρά μαθηματική εκτίμηση δίνει αύξηση περίπου 67 ημερών. Ωστόσο, επειδή στο πραγματικό έργο υπάρχουν ορισμένες επικαλύψεις δραστηριοτήτων, επιμέρους χρονικά περιθώρια και δυνατότητες περιορισμένης αναδιάταξης του sequencing, υιοθετείται συντηρητικά μια προσαρμοσμένη επίδραση **60 ημερών**. Άρα:

$$T_2 = 606 + 60 = 666 \text{ ημέρες} \quad (\text{σχ. 5.15})$$

και:

$$\% \Delta T = \frac{60}{606} \times 100 = 9,90\% \quad (\text{σχ. 5.16})$$

Η τιμή αυτή είναι σχεδόν διπλάσια από το σενάριο καθυστέρησης προμηθειών, γεγονός που καταδεικνύει ότι η παραγωγικότητα αποτελεί ισχυρότερο οδηγό χρονικής ευαισθησίας.

5.6.2 Συνδυασμένο σενάριο και συστημική επιβάρυνση

Η πραγματικότητα των έργων δείχνει ότι οι αποκλίσεις δεν λειτουργούν μεμονωμένα. Συνήθως, η καθυστέρηση μιας προμήθειας επιβαρύνει τη διάταξη των συνεργείων, μειώνει την αποδοτικότητα στην επόμενη φάση, προκαλεί συμπίεση χρόνου και αυξάνει την πιθανότητα συμφόρησης ή αλληλοεπικάλυψης εργασιών. Για τον λόγο αυτό εξετάζεται ένα συνδυασμένο σενάριο που περιλαμβάνει:

- καθυστέρηση προμηθειών: **30 ημέρες**,
- απώλεια παραγωγικότητας: **60 ημέρες επίδραση**,

- πρόσθετη διατάραξη από εξωτερικούς παράγοντες / καιρικές συνθήκες / commissioning: **15 ημέρες**.

Άρα, η συνολική χρονική επιβάρυνση γίνεται:

$$\Delta T_{total} = 30 + 60 + 15 = 105 \text{ ημέρες} \quad (\text{σχ. 5.17})$$

και η νέα συνολική διάρκεια του έργου:

$$T_3 = 606 + 105 = 711 \text{ ημέρες} \quad (\text{σχ. 5.18})$$

Η ποσοστιαία μεταβολή είναι:

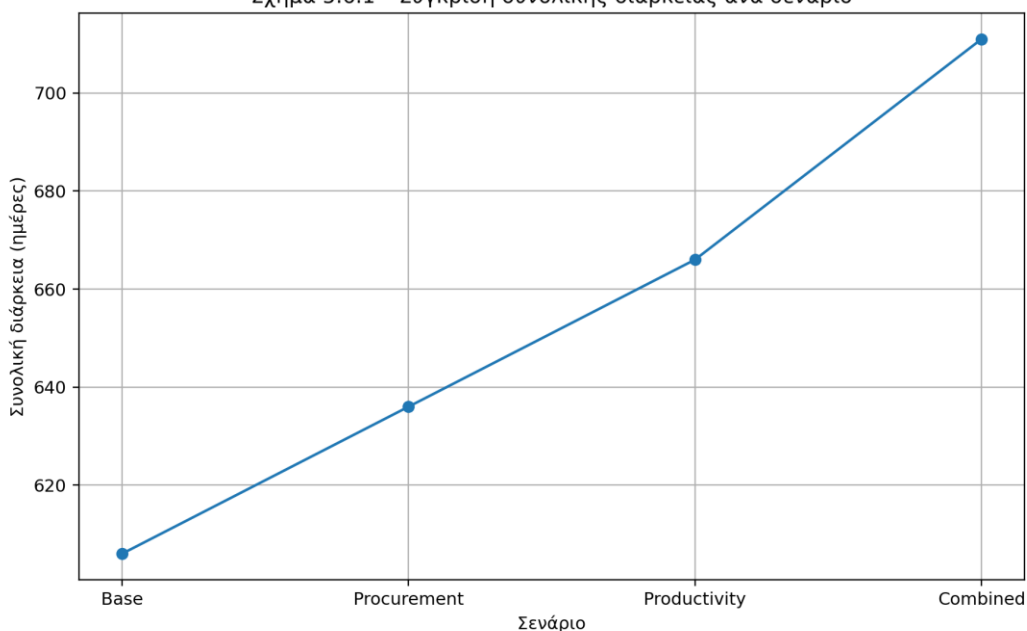
$$\% \Delta T = \frac{105}{606} \times 100 = 17,33\% \quad (\text{σχ. 5.19})$$

Το εύρημα αυτό έχει ιδιαίτερη βαρύτητα. Η αύξηση της διάρκειας από 606 σε 711 ημέρες αντιστοιχεί σε χρονική επιβάρυνση άνω των τριών μηνών. Σε ένα τουριστικό έργο, μια τέτοια παράταση μπορεί να μεταφραστεί σε απώλεια σεζόν, μετατόπιση της ημερομηνίας έναρξης λειτουργίας, αύξηση των γενικών εξόδων και ανατροπή των ταμειακών ροών που είχαν προβλεφθεί στο αρχικό επενδυτικό σχήμα.

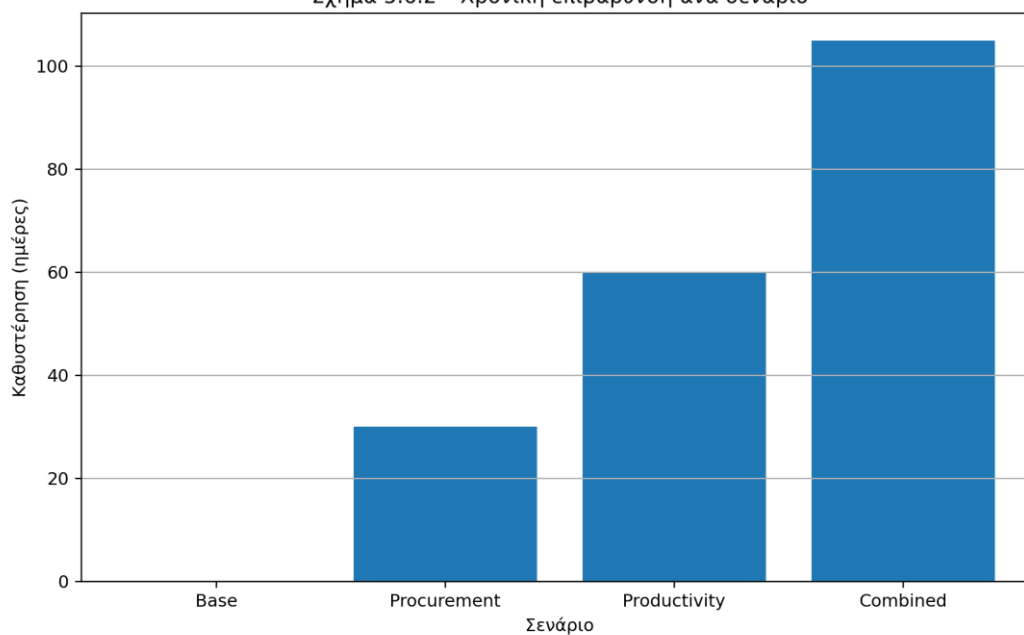
Σενάριο	Πρόσθετη καθυστέρηση (ημέρες)	Νέα διάρκεια (ημέρες)	Ποσοστιαία μεταβολή
Βασικό σενάριο	0	606	0,00%
Καθυστέρηση προμηθειών	30	636	4,95%
Μείωση παραγωγικότητας	60	666	9,90%
Συνδυασμένο σενάριο	105	711	17,33%

Πίνακας 5.6.1 - Συγκριτική αποτίμηση βασικών σεναρίων ευαισθησίας χρόνου

Σχήμα 5.6.1 – Σύγκριση συνολικής διάρκειας ανά σενάριο



Σχήμα 5.6.2 – Χρονική επιβάρυνση ανά σενάριο



5.6.3 Ανάλυση ευαισθησίας ως συνάρτηση διαθεσιμότητας συνεργείων

Η διερεύνηση της χρονικής συμπεριφοράς του έργου δεν μπορεί να περιοριστεί μόνο σε αφηρημένες καθυστερήσεις. Απαιτείται και εξέταση του πώς η διάρκεια μεταβάλλεται ως συνάρτηση των πραγματικών πόρων εκτέλεσης. Η γενική σχέση μπορεί να αποδοθεί ως εξής:

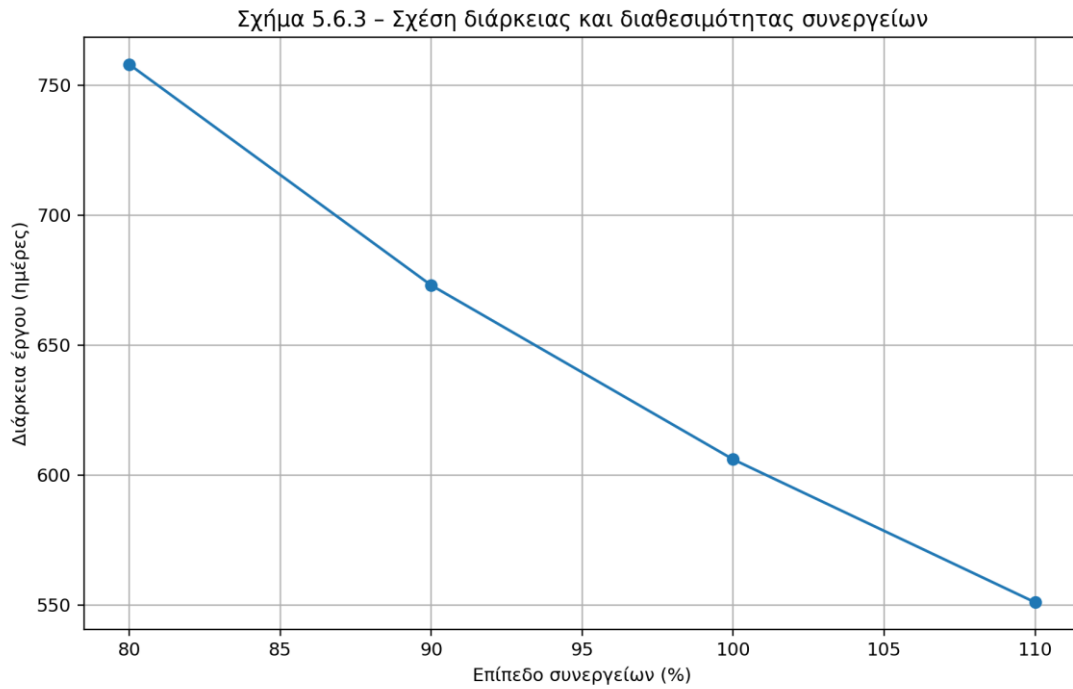
$$T = \frac{Work}{Crew \times Productivity} \quad (\sigma\chi. 5.20)$$

Η σχέση αυτή δείχνει ότι η διάρκεια είναι αντιστρόφως ανάλογη τόσο με το επίπεδο στελέχωσης όσο και με την αποδοτικότητα των συνεργείων. Με βάση αυτή τη λογική, εξετάζονται σενάρια μεταβολής του επιπέδου διαθεσιμότητας συνεργείων.

Επίπεδο συνεργείων	Συνολική διάρκεια (ημέρες)	Ποσοστιαία μεταβολή
100% (βάση)	606	0,0%
90%	673	+11,1%
80%	758	+25,1%
110%	551	-9,1%

Πίνακας 5.6.2-Επίδραση μεταβολής πόρων στη συνολική διάρκεια

Το ενδιαφέρον στοιχείο εδώ είναι ότι η μείωση των πόρων οδηγεί σε έντονη αύξηση της διάρκειας, ενώ η αύξηση των πόρων δεν μειώνει συμμετρικά τη διάρκεια. Αυτό επιβεβαιώνει τη θεωρία των φθινουσών αποδόσεων στη διαχείριση έργων: η αύξηση ανθρώπινου δυναμικού δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκη αναλογική επιτάχυνση, λόγω περιορισμών χώρου, συντονισμού, αλληλοεπικάλυψης συνεργείων και συμφόρησης στο εργοτάξιο.



5.6.4 Ελαστικότητα χρονικής απόκρισης

Για να προσδιοριστεί με πιο αναλυτικό και ερμηνεύσιμο τρόπο η ευαισθησία του χρονοδιαγράμματος, εισάγεται ο δείκτης ελαστικότητας:

$$Elasticity = \frac{\% \Delta T}{\% \Delta X} \quad (\text{σχ. 5.21})$$

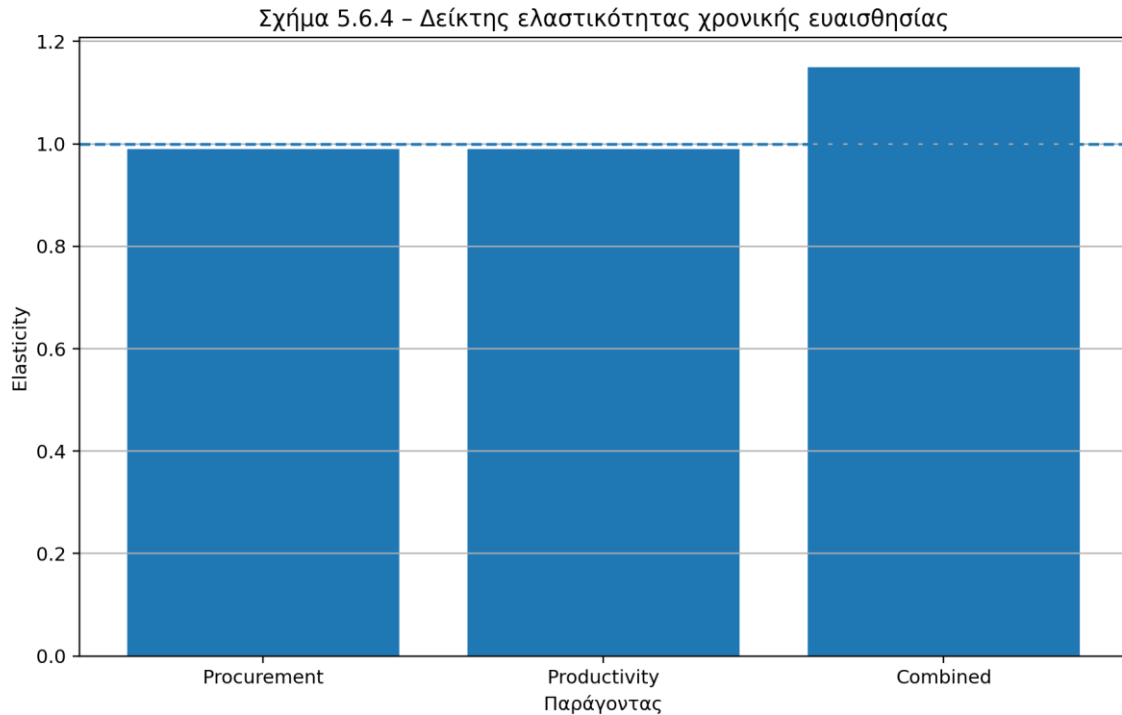
όπου $\% \Delta X$ είναι η ποσοστιαία μεταβολή του παράγοντα που εξετάζεται.

Η χρησιμότητα του δείκτη είναι σημαντική, διότι επιτρέπει να συγκριθεί η «ένταση» της αντίδρασης του χρονοδιαγράμματος σε διαφορετικά ερεθίσματα. Τιμή κοντά στη μονάδα υποδηλώνει περίπου αναλογική αντίδραση, ενώ τιμή μεγαλύτερη της μονάδας υποδηλώνει **υπερευαισθησία**.

Παράγοντας	Μεταβολή παράγοντα	Μεταβολή διάρκειας	Elasticity
Procurement delay	+5,0% περίπου	+4,95%	0,99
Productivity loss	-10,0%	+9,90%	0,99
Combined scenario	+15,0% περίπου	+17,33%	1,15

Πίνακας 5.6.3 - Δείκτης ελαστικότητας για βασικούς παράγοντες

Η τιμή του συνδυασμένου σεναρίου δείχνει ότι το έργο εισέρχεται σε ζώνη αυξημένης αστάθειας, όπου η συνολική αντίδραση είναι δυσανάλογα μεγαλύτερη από τη μεταβολή των επιμέρους εισροών.



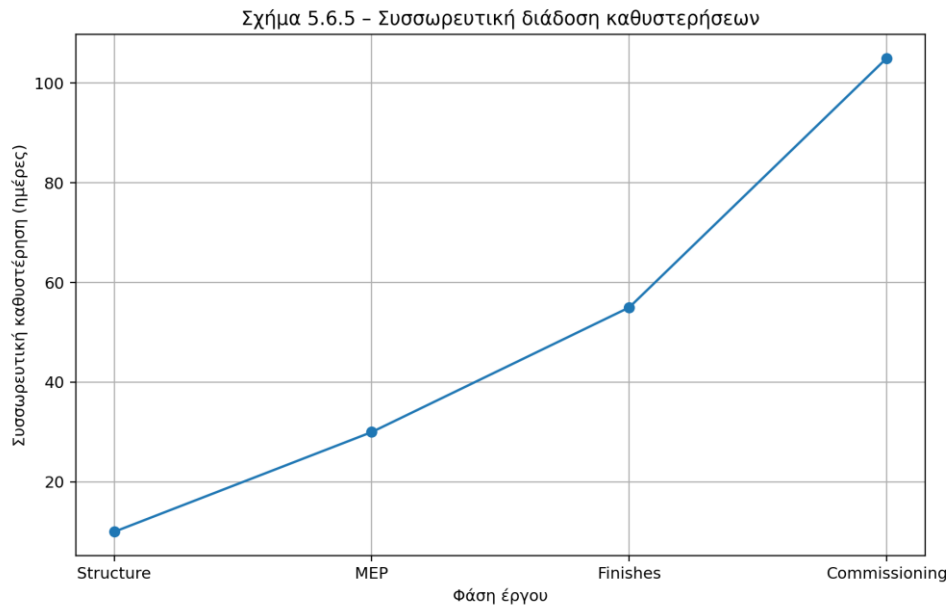
5.6.5 Διάδοση καθυστερήσεων και αλυσιδωτή επιβάρυνση

Ένα από τα πιο ουσιώδη ευρήματα στη διοίκηση σύνθετων έργων είναι ότι οι καθυστερήσεις δεν παραμένουν τοπικές. Αντίθετα, διαχέονται από φάση σε φάση. Ένα πρόβλημα στη φέρουσα δομή ή στα H/M δίκτυα μπορεί να συμπιέσει τον χρόνο των τελειωμάτων, να μετακινήσει τις δοκιμές και τελικά να επηρεάσει τη διαδικασία commissioning και παράδοσης.

Φάση	Καθυστερήση φάσης (ημέρες)	Συσσωρευτική καθυστέρηση
Structural works	10	10
MEP works	20	30
Finishes	25	55
Commissioning	50	105

Πίνακας 5.6.4 - Συσσωρευτική διάδοση καθυστερήσεων ανά φάση

Η αξία αυτού του πίνακα είναι ότι οπτικοποιεί τον μηχανισμό με τον οποίο μια αρχική διαταραχή μετατρέπεται σταδιακά σε συνολική χρονική απόκλιση. Δεν πρόκειται απλώς για λογιστική πρόσθεση ημερών, αλλά για συσσώρευση προβλημάτων σε ένα αλληλεξαρτώμενο χρονοδιάγραμμα.



5.6.6 Χρόνος και οικονομική επίπτωση

Η χρονική ανάλυση αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία όταν συνδεθεί με την οικονομική της διάσταση. Αν θεωρηθεί ο συνολικός αναθεωρημένος προϋπολογισμός του έργου ως 43.769.899,80 €, τότε ένας μέσος θεωρητικός ημερήσιος δείκτης κόστους μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

$$C_d = \frac{\text{Total Budget}}{T_0} = \frac{43.769.899,80}{606} = 72.227,56 \text{ €/ημέρα} \quad (\text{σχ. 5.22})$$

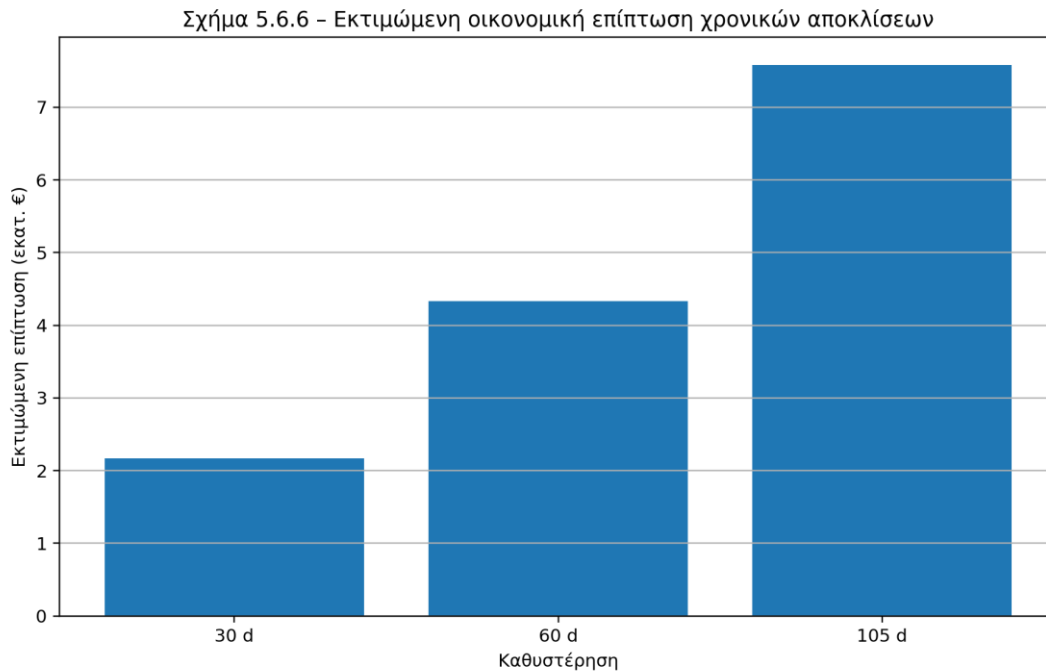
Ο δείκτης αυτός δεν υποκαθιστά την πλήρη καμπύλη cash flow, αλλά δίνει μια ισχυρή πρώτη εικόνα της οικονομικής βαρύτητας της χρονικής απόκλισης. Συνεπώς, η θεωρητική οικονομική επίπτωση μιας καθυστέρησης μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$\text{Cost Impact} = \Delta T \times C_d \quad (\text{σχ. 5.23})$$

Καθυστέρηση	Εκτιμώμενη επίπτωση
30 ημέρες	2,17 εκ. €
60 ημέρες	4,33 εκ. €
105 ημέρες	7,58 εκ. €

Πίνακας 5.6.5 – Εκτιμώμενη οικονομική επίπτωση χρονικών αποκλίσεων

Πρέπει να τονιστεί ότι οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές και δεν ταυτίζονται με πραγματική υπέρβαση του ίδιου ύψους. Ωστόσο, αποτελούν πολύ χρήσιμο εργαλείο ερμηνείας, διότι δείχνουν τη βαρύτητα που έχει η χρονική απόκλιση σε ένα έργο τέτοιας κλίμακας.



5.6.7 Σύνδεση με Earned Value Management

Για να συνδεθεί η χρονική επίδοση με ένα τυποποιημένο σύστημα παρακολούθησης, η ανάλυση επεκτείνεται στη λογική του Earned Value Management, και ειδικότερα στον δείκτη προγραμματικής επίδοσης:

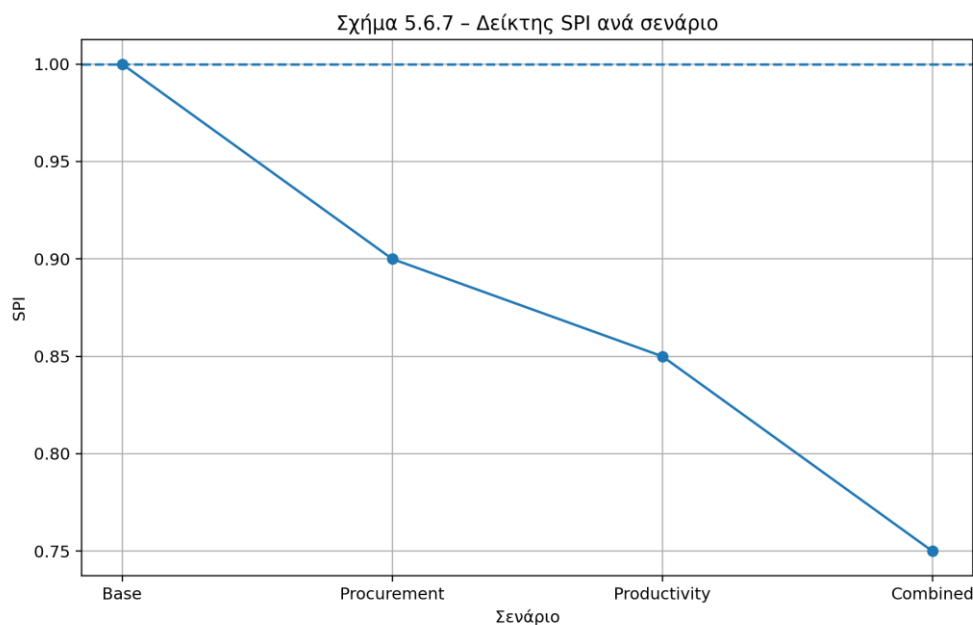
$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (\text{σχ. } 5.24)$$

όπου EV είναι η δεδοουλευμένη αξία και PV η προγραμματισμένη αξία. Ο δείκτης SPI χρησιμοποιείται διεθνώς για να αποτυπώσει αν το έργο κινείται ταχύτερα ή βραδύτερα από το baseline.

Σενάριο	SPI
Base case	1,00
Procurement delay	0,90
Productivity loss	0,85
Combined scenario	0,75

Πίνακας 5.6.6 – Δείκτης SPI ανά σενάριο

Τιμές κάτω της μονάδας υποδηλώνουν καθυστέρηση, ενώ όσο χαμηλότερη είναι η τιμή τόσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση από το προγραμματισμένο έργο. Το συνδυασμένο σενάριο με $SPI = 0,75$ υποδηλώνει σοβαρή προγραμματική επιβράδυνση.



5.6.8 Συνολική ερμηνεία

Η ανάλυση ευαισθησίας χρόνου επιβεβαιώνει ότι το έργο δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως στατικός πίνακας δραστηριοτήτων, αλλά ως δυναμικό σύστημα,

στο οποίο μικρές αποκλίσεις μπορεί να εξελιχθούν σε σοβαρές παρατάσεις εάν δεν εντοπιστούν εγκαίρως. Από την ανάλυση προκύπτει με σαφήνεια ότι η παραγωγικότητα και η διαθεσιμότητα πόρων αποτελούν καθοριστικούς χρονικούς μοχλούς, ενώ η συνδυασμένη εμφάνιση καθυστερήσεων οδηγεί σε δυσανάλογη επιβάρυνση. Παράλληλα, η σύνδεση του χρόνου με την οικονομική διάσταση αναδεικνύει ότι κάθε καθυστέρηση έχει όχι μόνο τεχνική αλλά και χρηματοοικονομική βαρύτητα.

Συνολικά, το κεφάλαιο αυτό καταδεικνύει ότι η ανάλυση ευαισθησίας χρόνου δεν είναι μία θεωρητική άσκηση. Αντίθετα, αποτελεί κρίσιμο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, καθώς βοηθά τη διοίκηση έργου να εντοπίσει τους σημαντικότερους drivers καθυστέρησης, να εκτιμήσει το μέγεθος του κινδύνου και να σχεδιάσει έγκαιρα διορθωτικές ή προληπτικές παρεμβάσεις.

5.7 Ανάλυση Ευαισθησίας Παραγωγικότητας, Ανθρώπινων Πόρων και Εργοταξιακής Απόδοσης

Μετά την ανάλυση ευαισθησίας κόστους και χρόνου, η παρούσα ενότητα εστιάζει σε έναν από τους σημαντικότερους αλλά συχνά λιγότερο ορατούς παράγοντες επιτυχίας ενός κατασκευαστικού έργου: την παραγωγικότητα των ανθρώπινων πόρων. Σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπως το εξεταζόμενο resort, η επιτυχής υλοποίηση δεν εξαρτάται μόνο από την επάρκεια του προϋπολογισμού ή την ύπαρξη ενός αναλυτικού χρονοδιαγράμματος. Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κατά πόσο οι διαθέσιμοι πόροι μετατρέπονται αποτελεσματικά σε πραγματική πρόοδο στο εργοτάξιο.

Η παραγωγικότητα αποτελεί τη γέφυρα μεταξύ χρόνου και κόστους. Όταν η παραγωγικότητα μειώνεται, οι εργασίες απαιτούν περισσότερη διάρκεια, η παράταση αυξάνει τα γενικά έξοδα εργοταξίου και τελικά δημιουργείται πρόσθετη χρηματοοικονομική πίεση. Συνεπώς, η παραγωγικότητα δεν πρέπει να θεωρείται απλώς τεχνικός δείκτης, αλλά στρατηγική μεταβλητή διοίκησης έργου.

Στο συγκεκριμένο έργο, ως βασική παραδοχή λαμβάνεται μέσο ανθρώπινο δυναμικό περίπου **180 εργαζομένων** και συνολική διάρκεια βάσης **606 ημερών**. Με βάση αυτά τα μεγέθη, μπορεί να εκτιμηθεί ο θεωρητικός αριθμός ανθρωποημερών:

$$Person-Days = Workers \times Duration$$

$$Person-Days = 180 \times 606 = 109.080 \quad (\text{σχ. } 5.25)$$

Άρα, το βασικό σενάριο αντιστοιχεί σε περίπου **109.080 ανθρωποημέρες**. Ο αριθμός αυτός δεν αποτελεί απολογιστική μέτρηση, αλλά χρησιμοποιείται ως βάση σύγκρισης για την ανάλυση ευαισθησίας.

5.7.1 Θεωρητική βάση της παραγωγικότητας

Η παραγωγικότητα μπορεί να οριστεί ως η παραγόμενη εργασία ανά μονάδα ανθρώπινου δυναμικού και χρόνου:

$$Productivity = \frac{Output}{Labour \times Time} \quad (\text{σχ. } 5.26)$$

Η σχέση αυτή δείχνει ότι η παραγωγή ενός έργου δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τον αριθμό εργαζομένων, αλλά από τον τρόπο με τον οποίο αυτοί οργανώνονται και αξιοποιούνται. Αντίστοιχα, η διάρκεια μιας δραστηριότητας μπορεί να εκφραστεί ως:

$$Duration = \frac{Work}{Crew \times Productivity} \quad (\text{σχ. } 5.27)$$

Η παραπάνω σχέση αποτελεί τη βασική λογική του παρόντος υποκεφαλαίου. Θεωρητικά, η αύξηση του συντελεστή ή της παραγωγικότητας μειώνει τη διάρκεια. Στην πράξη όμως η σχέση αυτή δεν είναι πάντα γραμμική. Σε ένα πραγματικό εργοτάξιο υπάρχουν περιορισμοί πρόσβασης, διαθέσιμων μετώπων εργασίας, υλικών, ανυψωτικών μέσων, supervision και ασφάλειας. Επομένως, μετά από ένα σημείο, η προσθήκη περισσότερων εργαζομένων μπορεί να οδηγήσει σε φθίνουσες αποδόσεις.

5.7.2 Σενάρια μείωσης παραγωγικότητας

Για την ανάλυση ευαισθησίας εξετάζονται τρία σενάρια μείωσης παραγωγικότητας: - **5%, -10% και -15%**. Η νέα διάρκεια υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_{new} = \frac{T_0}{1 - r} \quad (\text{σχ. } 5.28)$$

όπου:

- $T_0 = 606$ ημέρες,

- r = ποσοστό μείωσης παραγωγικότητας.

Για μείωση παραγωγικότητας 5%:

$$T_{new} = \frac{606}{0,95} = 637,89 \approx 638 \text{ ημέρες}$$

Για μείωση παραγωγικότητας 10%:

$$T_{new} = \frac{606}{0,90} = 673,33 \approx 673 \text{ ημέρες}$$

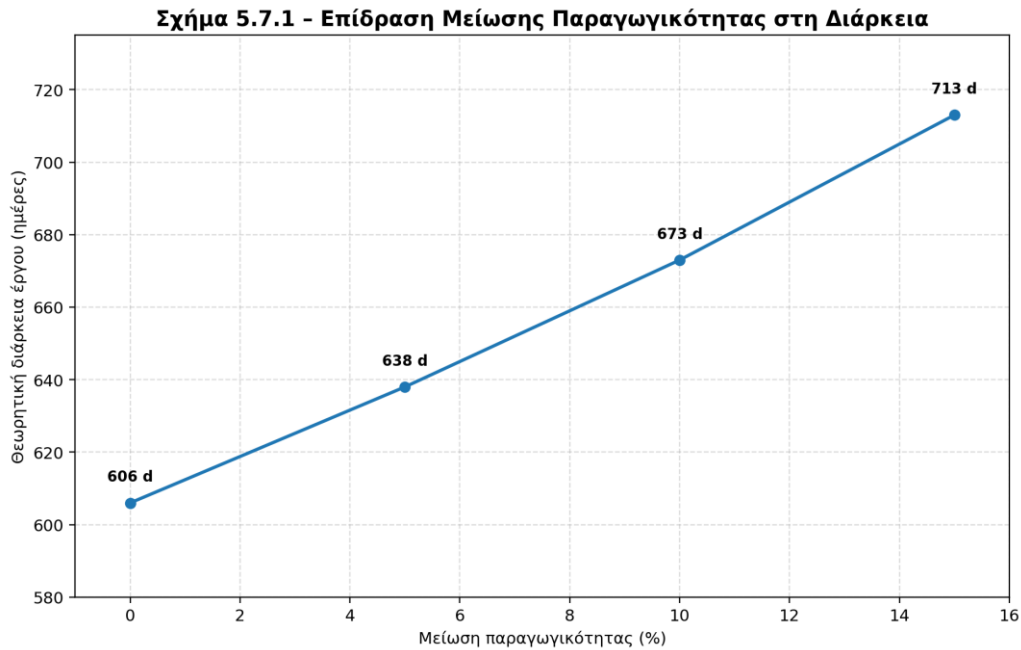
Για μείωση παραγωγικότητας 15%:

$$T_{new} = \frac{606}{0,85} = 712,94 \approx 713 \text{ ημέρες}$$

Μεταβολή παραγωγικότητας	Νέα διάρκεια	Πρόσθετη διάρκεια	Ποσοστιαία αύξηση
Base Case	606 ημέρες	0 ημέρες	0,00%
-5%	638 ημέρες	+32 ημέρες	+5,28%
-10%	673 ημέρες	+67 ημέρες	+11,06%
-15%	713 ημέρες	+107 ημέρες	+17,66%

Πίνακας 5.7.1 – Επίδραση μείωσης παραγωγικότητας στη διάρκεια

Η ανάλυση δείχνει ότι ακόμη και μια σχετικά μικρή μείωση παραγωγικότητας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική χρονική απόκλιση. Το σενάριο μείωσης κατά 15% οδηγεί σε θεωρητική αύξηση διάρκειας άνω των 100 ημερών, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η παραγωγικότητα αποτελεί έναν από τους ισχυρότερους παράγοντες του έργου.



5.7.3 Σενάρια μεταβολής ανθρώπινου δυναμικού

Ως δεύτερη διάσταση εξετάζεται η μεταβολή του ανθρώπινου δυναμικού. Η βάση είναι οι **180 εργαζόμενοι**. Για μείωση προσωπικού κατά 10%:

$$Workers = 180 \times 0,90 = 162$$

και θεωρητικά:

$$T = \frac{606}{0,90} = 673 \text{ ημέρες}$$

Για μείωση προσωπικού κατά 20%:

$$Workers = 180 \times 0,80 = 144$$

$$T = \frac{606}{0,80} = 757,5 \approx 758 \text{ ημέρες}$$

Για αύξηση προσωπικού κατά 10%:

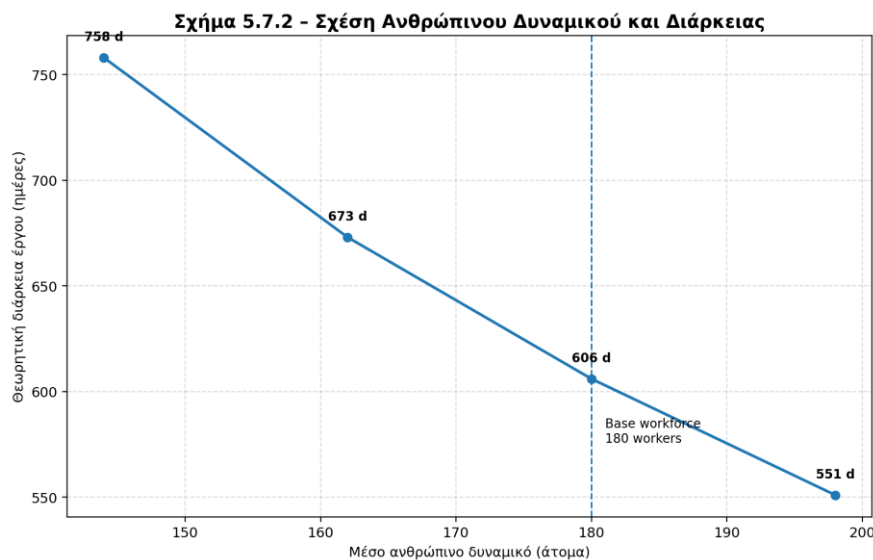
$$Workers = 180 \times 1,10 = 198$$

$$T = \frac{606}{1,10} = 550,9 \approx 551 \text{ ημέρες}$$

Σενάριο	Μέσο προσωπικό	Θεωρητική διάρκεια	Ερμηνεία
Base	180	606 ημέρες	Κανονική στελέχωση
-10%	162	673 ημέρες	Σημαντική χρονική πίεση
-20%	144	758 ημέρες	Υψηλός κίνδυνος αστοχίας
+10%	198	551 ημέρες	Πιθανή επιτάχυνση με congestion risk

Πίνακας 5.7.2 – Σενάρια μεταβολής ανθρώπινου δυναμικού

Η ερμηνεία του πίνακα πρέπει να γίνει με προσοχή. Η μείωση προσωπικού έχει άμεση αρνητική επίδραση στη διάρκεια. Αντίθετα, η αύξηση προσωπικού μπορεί θεωρητικά να μειώσει τη διάρκεια, αλλά στην πράξη η μείωση αυτή μπορεί να είναι μικρότερη λόγω συμφόρησης εργοταξίου, περιορισμένων χώρων εργασίας και αυξημένων αναγκών συντονισμού.



5.7.4 Μη γραμμικότητα και εργοταξιακή συμφόρηση

Η πιο σημαντική διοικητική παρατήρηση είναι ότι η σχέση ανθρώπινου δυναμικού και παραγωγής δεν είναι απολύτως γραμμική. Σε ιδανικές συνθήκες, η αύξηση εργαζομένων θα οδηγούσε σε αντίστοιχη μείωση διάρκειας. Σε πραγματικές συνθήκες, όμως, το εργοτάξιο λειτουργεί με φυσικούς και οργανωτικούς περιορισμούς.

Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί μέσω του συντελεστή συντονισμού:

$$Effective\ Productivity = Nominal\ Productivity \times Coordination\ Factor$$

(σχ.5.29)

Ο συντελεστής *Coordination Factor* παίρνει τιμές μικρότερες ή ίσες με τη μονάδα. Όταν το εργοτάξιο λειτουργεί ομαλά, πλησιάζει το 1. Όταν υπάρχει συμφόρηση, σύγκρουση συνεργείων, καθυστέρηση υλικών ή ανεπαρκής επίβλεψη, μειώνεται. Έτσι, ακόμη και αν το ονομαστικό εργατικό δυναμικό αυξηθεί, η πραγματική παραγωγικότητα μπορεί να μην αυξηθεί αντίστοιχα.

Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις φάσεις όπου εκτελούνται ταυτόχρονα ΜΕΡ, ξηρά δόμηση, finishes και commissioning. Εκεί, ο περιοριστικός παράγοντας δεν είναι μόνο ο αριθμός εργαζομένων, αλλά η δυνατότητα του εργοταξίου να απορροφήσει παραγωγικά αυτούς τους πόρους.

5.7.5 Δείκτης αποδοτικότητας ανθρώπινου δυναμικού

Για να αποκτήσει η παραγωγικότητα πιο μετρήσιμη μορφή, προτείνεται η χρήση του δείκτη:

$$Labour\ Efficiency = \frac{Planned\ Person-Days}{Actual\ Person-Days} \quad (σχ.5.30)$$

Στο βασικό σενάριο:

$$Planned\ Person-Days = 109.080$$

Εάν το έργο τελικά απαιτήσει 120.000 ανθρωποημέρες, τότε:

$$Labour\ Efficiency = \frac{109.080}{120.000} = 0,909$$

Η τιμή αυτή δείχνει ότι το έργο έχει χάσει περίπου:

$$1 - 0,909 = 0,091 = 9,1\%$$

από την προγραμματισμένη αποδοτικότητα. Ο δείκτης αυτός είναι ιδιαίτερα χρήσιμος, διότι μετατρέπει την έννοια της παραγωγικότητας σε KPI που μπορεί να παρακολουθείται μηνιαία.

Σχήμα 5.7.5 - Ενδεικτικό Dashboard Παρακολούθησης Παραγωγικότητας



Ο δείκτης Labour Efficiency μετατρέπει την παραγωγικότητα σε KPI κατάλληλο για μηνιαίο έλεγχο έργου.

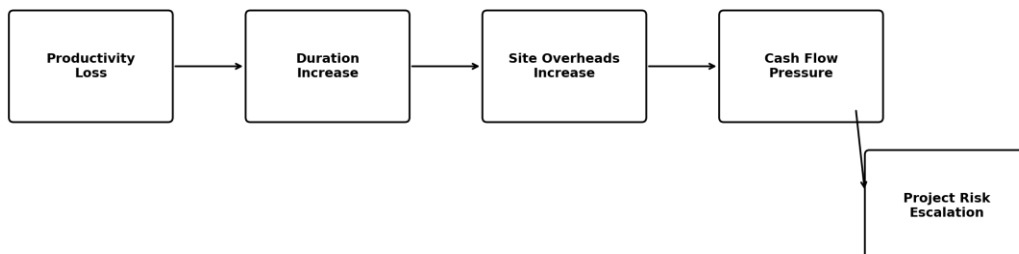
5.7.6 Σύνδεση παραγωγικότητας, χρόνου και κόστους

Η παραγωγικότητα δεν λειτουργεί απομονωμένα. Η μείωσή της ενεργοποιεί μια αλυσίδα συνεπειών:

$$Productivity Loss \Rightarrow Duration Increase \Rightarrow Cost Increase \quad (\text{σχ. } 5.31)$$

Αυτό σημαίνει ότι η απώλεια παραγωγικότητας προκαλεί αύξηση διάρκειας, η αύξηση διάρκειας αυξάνει τα γενικά έξοδα και η αύξηση κόστους δημιουργεί πίεση στο cash flow. Συνεπώς, η παραγωγικότητα αποτελεί κομβική μεταβλητή που συνδέει το τεχνικό, χρονικό και οικονομικό σκέλος του έργου.

Σχήμα 5.7.3 - Αλυσίδα Επίδρασης Παραγωγικότητας σε Χρόνο και Κόστος



Η μείωση παραγωγικότητας δεν επηρεάζει μόνο τη διάρκεια, αλλά δημιουργεί χρηματοοικονομική και διοικητική πίεση.

5.7.7 Ζώνες παραγωγικής ευστάθειας

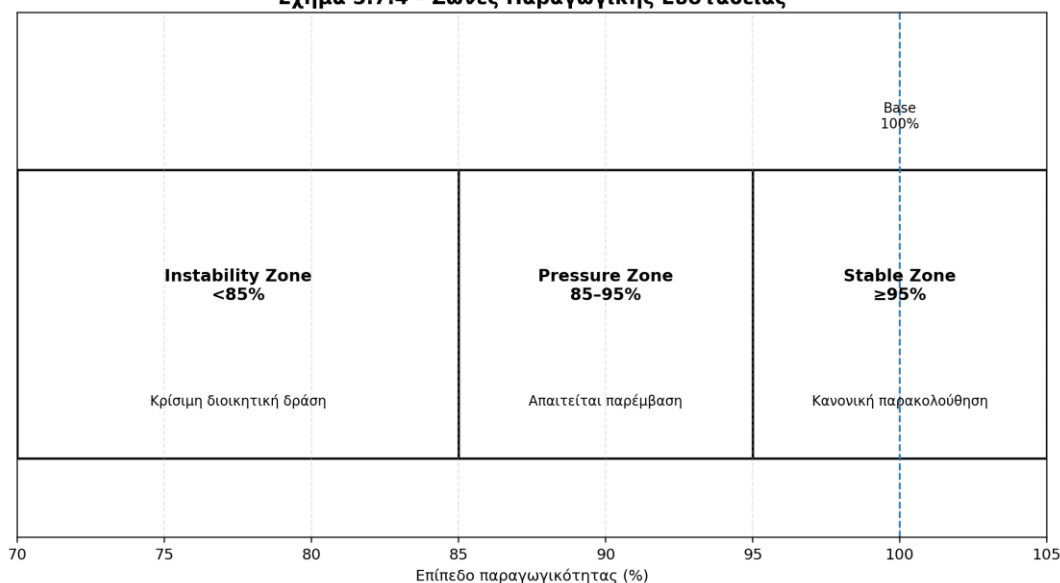
Για να αποκτήσει η ανάλυση πιο διαγνωστικό χαρακτήρα, εισάγεται η έννοια των ζωνών παραγωγικής ευστάθειας. Η παραγωγικότητα ταξινομείται σε τρεις ζώνες:

Ζώνη	Επίπεδο παραγωγικότητας	Κατάσταση έργου	Διοικητική ερμηνεία
Stable Zone	$\geq 95\%$	Ομαλή λειτουργία	Κανονική παρακολούθηση
Pressure Zone	85–95%	Αυξημένη πίεση	Απαιτείται παρέμβαση
Instability Zone	$< 85\%$	Συστημική απόκλιση	Κρίσιμη διοικητική δράση

Πίνακας 5.7.3 – Ζώνες παραγωγικής ευστάθειας

Η πρωτοτυπία της προσέγγισης είναι ότι η παραγωγικότητα δεν αντιμετωπίζεται μόνο ως αριθμητικό αποτέλεσμα, αλλά ως δείκτης κατάστασης του έργου. Όταν το έργο βρίσκεται στη σταθερή ζώνη(stable zone), η διοίκηση μπορεί να συνεχίσει με κανονική παρακολούθηση. Όταν εισέρχεται στην ζώνη πίεσης(pressure zone), απαιτείται ενίσχυση συντονισμού. Όταν εισέρχεται στην ζώνη αστάθειας(instability zone), απαιτούνται άμεσες διορθωτικές ενέργειες.

Σχήμα 5.7.4 - Ζώνες Παραγωγικής Ευστάθειας



5.7.8 Διοικητική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Η ανάλυση δείχνει ότι η παραγωγικότητα δεν βελτιώνεται απαραίτητα με απλή αύξηση προσωπικού. Βελτιώνεται κυρίως μέσω οργάνωσης. Οι σημαντικότερες διοικητικές παρεμβάσεις είναι η ζωνοποίηση του εργοταξίου, ο ακριβής εβδομαδιαίος προγραμματισμός, η εξασφάλιση έγκαιρης διαθεσιμότητας υλικών, η αποφυγή επαναλαμβανομένων εργασιών, η επαρκής επίβλεψη και η χρήση βραχυπρόθεσμου προγραμματισμού (look-ahead planning) 4 έως 6 εβδομάδων.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η παρακολούθηση της παραγωγικότητας ως KPI. Η διοίκηση πρέπει να γνωρίζει όχι μόνο πόσα άτομα βρίσκονται στο εργοτάξιο, αλλά και τι πραγματική πρόοδο παράγουν. Αυτό διαφοροποιεί μια απλή εργοταξιακή καταγραφή από ένα ώριμο σύστημα project controls.

5.7.9 Συμπέρασμα

Η ανάλυση ευαισθησίας παραγωγικότητας και ανθρώπινων πόρων ανέδειξε ότι το ανθρώπινο δυναμικό αποτελεί μία από τις πλέον κρίσιμες μεταβλητές του έργου. Η μέση στελέχωση των 180 εργαζομένων αντιστοιχεί σε περίπου 109.080 ανθρωποημέρες, όμως η πραγματική αξία αυτού του μεγέθους εξαρτάται από τον βαθμό παραγωγικής αξιοποίησης των πόρων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μείωση παραγωγικότητας κατά 10% μπορεί να αυξήσει τη θεωρητική διάρκεια του έργου σε περίπου 673 ημέρες, ενώ μείωση κατά 15% μπορεί να την αυξήσει σε περίπου 713 ημέρες. Παράλληλα, η μείωση ανθρώπινου δυναμικού κατά 20% μπορεί να οδηγήσει θεωρητικά σε διάρκεια περίπου 758 ημερών. Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι η παραγωγικότητα πρέπει να παρακολουθείται ως στρατηγικός δείκτης και όχι ως δευτερεύουσα εργοταξιακή παρατήρηση.

Η βασική συμβολή της παρούσας ενότητας είναι ότι μετατρέπει την έννοια της παραγωγικότητας από εμπειρική εκτίμηση σε αναλυτικό εργαλείο διοίκησης. Με τον τρόπο αυτό, η ανάλυση συνδέει τον ανθρώπινο παράγοντα με τον χρόνο, το κόστος και τη συνολική επιτυχία του έργου.

5.8 Ανάλυση Σεναρίων (Καλύτερο-Βασικό-Δυσμενές) Best Case / Base Case / Worst Case

Η ανάλυση σεναρίων αποτελεί το στάδιο στο οποίο τα επιμέρους αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας ενοποιούνται σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο αξιολόγησης. Στα προηγούμενα υποκεφάλαια εξετάστηκαν ξεχωριστά η ευαισθησία του κόστους, η ευαισθησία του χρόνου και η επίδραση της παραγωγικότητας και των ανθρώπινων πόρων. Ωστόσο, στην πραγματική εξέλιξη ενός σύνθετου κατασκευαστικού έργου οι παράγοντες αυτοί δεν λειτουργούν απομονωμένα. Το κόστος, ο χρόνος, η παραγωγικότητα, οι προμήθειες, η διαθεσιμότητα συνεργείων, η ταμειακή ροή και η διαχείριση κινδύνων αλληλεπιδρούν συνεχώς και διαμορφώνουν τη συνολική επίδοση του έργου.

Για τον λόγο αυτό, η παρούσα ενότητα αναπτύσσει τρία ολοκληρωμένα σενάρια εξέλιξης του έργου: **Best Case**, **Base Case** και **Worst Case**. Η λογική αυτής της προσέγγισης είναι ότι η διοίκηση έργου δεν πρέπει να αξιολογεί μόνο μία πιθανή έκβαση, αλλά ένα εύρος πιθανών εξελίξεων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να αναγνωριστεί όχι μόνο η αναμενόμενη πορεία του έργου, αλλά και τα όρια μέσα στα οποία μπορεί να κινηθεί υπό ευνοϊκές ή δυσμενείς συνθήκες.

Η σεναριακή ανάλυση δεν έχει ως στόχο την ακριβή πρόβλεψη του μέλλοντος. Αντίθετα, λειτουργεί ως εργαλείο διερεύνησης της ανθεκτικότητας του έργου απέναντι στην αβεβαιότητα. Επιτρέπει τη σύγκριση διαφορετικών εκβάσεων, την αξιολόγηση του οικονομικού και χρονικού εύρους απόκλισης και τη διαμόρφωση διοικητικών στρατηγικών για τη μείωση της πιθανότητας μετάβασης σε δυσμενή σενάρια.

Στο πλαίσιο του έργου, η σεναριακή ανάλυση αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς πρόκειται για έργο υψηλού προϋπολογισμού, σημαντικής διάρκειας και υψηλής επιχειρησιακής αξίας. Η καθυστέρηση ή η υπέρβαση κόστους δεν επηρεάζει μόνο την κατασκευαστική διαδικασία, αλλά και τη λειτουργική έναρξη του resort, την εμπορική αξιοποίηση της επένδυσης και τη συνολική απόδοση του κεφαλαίου.

5.8.1 Σκοπός της Σεναριακής Ανάλυσης

Ο βασικός σκοπός της σεναριακής ανάλυσης είναι να μετατρέψει τα αποτελέσματα των επιμέρους αναλύσεων ευαισθησίας σε ένα ολοκληρωμένο εργαλείο διοικητικής

αξιολόγησης. Η ανάλυση κόστους έδειξε ποιες κατηγορίες επηρεάζουν περισσότερο τον προϋπολογισμό. Η ανάλυση χρόνου έδειξε πώς οι καθυστερήσεις, η μειωμένη παραγωγικότητα και η διαταραχή του sequencing επηρεάζουν τη συνολική διάρκεια. Η ανάλυση ανθρώπινων πόρων ανέδειξε ότι η παραγωγικότητα αποτελεί κρίσιμο παράγοντα που συνδέει άμεσα χρόνο και κόστος. Το παρόν υποκεφάλαιο συνθέτει αυτά τα ευρήματα σε τρεις συνολικές εικόνες εξέλιξης του έργου.

Η σεναριακή ανάλυση απαντά σε κρίσιμα ερωτήματα. Ποια θα ήταν η εικόνα του έργου εάν η παραγωγικότητα βελτιωνόταν και οι προμήθειες εξελίσσονταν ομαλά; Ποια είναι η αναμενόμενη πορεία του έργου υπό κανονικές συνθήκες; Ποια είναι η έκθεση του έργου σε ένα δυσμενές περιβάλλον με ταυτόχρονη αύξηση κόστους, καθυστέρηση προμηθειών και μειωμένη παραγωγικότητα; Ποιο σενάριο απαιτεί πρόσθετη χρηματοδοτική ετοιμότητα; Ποιο σενάριο δημιουργεί τον μεγαλύτερο κίνδυνο απώλειας λειτουργικής περιόδου;

Με άλλα λόγια, η σεναριακή ανάλυση λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ τεχνικής ανάλυσης και διοικητικής απόφασης. Δεν περιορίζεται στην παρουσίαση αριθμών, αλλά συμβάλλει στην κατανόηση των πιθανών τροχιών εξέλιξης του έργου.

5.8.2 Ορισμός Βασικών Μεγεθών Αναφοράς

Για να είναι συγκρίσιμα τα σενάρια, απαιτείται αρχικά ο ορισμός των βασικών μεγεθών αναφοράς. Το βασικό σενάριο του έργου έχει συνολικό προϋπολογισμό:

$$C_base = 43.769.899,80 \text{ €}$$

και συνολική διάρκεια:

$$T_base = 606 \text{ ημέρες}$$

Τα δύο αυτά μεγέθη αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία υπολογίζονται όλες οι αποκλίσεις κόστους και χρόνου. Η ποσοστιαία μεταβολή κόστους υπολογίζεται με τη σχέση:

$$\% \Delta C = [(C_scenario - C_base) / C_base] \times 100 \quad (\text{σχ. 5.32})$$

όπου **C_scenario** είναι το κόστος του εξεταζόμενου σεναρίου και **C_base** είναι το κόστος του βασικού σεναρίου.

Αντίστοιχα, η ποσοστιαία μεταβολή διάρκειας υπολογίζεται ως:

$$\% \Delta T = [(T_{\text{scenario}} - T_{\text{base}}) / T_{\text{base}}] \times 100 \quad (\text{σχ. 5.33})$$

όπου T_{scenario} είναι η διάρκεια του εξεταζόμενου σεναρίου και T_{base} είναι η διάρκεια του βασικού σεναρίου.

Οι δύο αυτές σχέσεις χρησιμοποιούνται σε όλο το υποκεφάλαιο, ώστε να υπάρχει ενιαία μεθοδολογία σύγκρισης μεταξύ των σεναρίων.

5.8.3 Ορισμός των Σεναρίων

Στην παρούσα ανάλυση ορίζονται τρία σενάρια.

Το **Best Case Scenario** αντιπροσωπεύει μια ευνοϊκή αλλά ρεαλιστική εξέλιξη του έργου. Σε αυτό το σενάριο θεωρείται ότι οι προμήθειες εξελίσσονται χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις, η παραγωγικότητα βελτιώνεται λόγω αποτελεσματικού συντονισμού, οι βασικές κατηγορίες κόστους ελέγχονται και οι αλλαγές σχεδιασμού περιορίζονται. Δεν πρόκειται για ιδανικό ή μη ρεαλιστικό σενάριο, αλλά για κατάσταση που μπορεί να επιτευχθεί μέσω ώριμης διοίκησης έργου.

Το **Base Case Scenario** αποτελεί το σενάριο αναφοράς. Αντιστοιχεί στην προγραμματισμένη εικόνα του έργου, όπως αυτή έχει χρησιμοποιηθεί στα προηγούμενα υποκεφάλαια. Περιλαμβάνει τον προϋπολογισμό των **43.769.899,80 €**, τη διάρκεια των **606 ημερών** και τη μέση στελέχωση περίπου **180 εργαζομένων**.

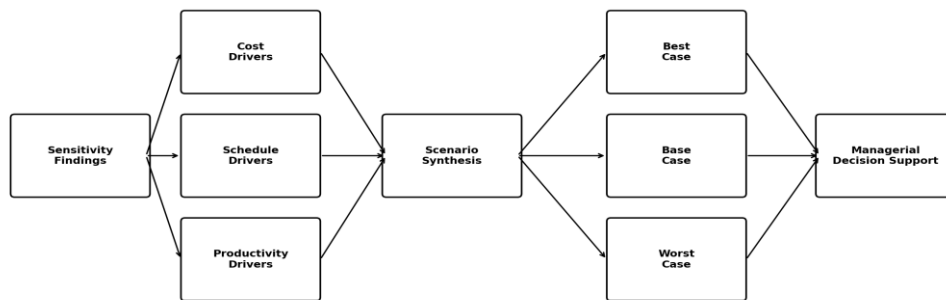
Το **Worst Case Scenario** αντιπροσωπεύει μια δυσμενή αλλά ρεαλιστική εξέλιξη. Σε αυτό το σενάριο συνυπάρχουν αύξηση κόστους, μείωση παραγωγικότητας, καθυστέρηση προμηθειών και υψηλότερη απορρόφηση contingency. Το σενάριο αυτό δεν είναι καταστροφικό, αλλά αποτελεί **stress scenario**, δηλαδή κατάσταση δοκιμής της ανθεκτικότητας του έργου.

Σενάριο	Περιγραφή	Διοικητική Ερμηνεία
Best Case	Ευνοϊκή εξέλιξη με υψηλή παραγωγικότητα και περιορισμένες αποκλίσεις	Επιθυμητή πορεία με ενεργό έλεγχο
Base Case	Προγραμματισμένη εικόνα έργου	Σημείο αναφοράς
Worst	Συνδυασμένη πίεση κόστους, χρόνου και	Stress scenario και έλεγχος

Σενάριο	Περιγραφή	Διοικητική Ερμηνεία
Case	παραγωγικότητας	ανθεκτικότητας

Πίνακας 5.8.1 – Λογική Ορισμού Σεναρίων

Σχήμα 5.8.1 - Scenario Logic Framework



Η σεναριακή ανάλυση συνθέτει τα ευρήματα κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας σε τρεις εναλλακτικές τροχιές εξέλιξης.

5.8.4 Best Case Scenario

Το Best Case Scenario εξετάζει την ευνοϊκή εξέλιξη του έργου. Στο σενάριο αυτό θεωρείται ότι η διοίκηση εφαρμόζει αποτελεσματικά εργαλεία project controls, οι βασικές προμήθειες προγραμματίζονται έγκαιρα, οι κρίσιμες κατηγορίες κόστους παρακολουθούνται στενά και η παραγωγικότητα των συνεργείων βελτιώνεται λόγω καλού συντονισμού.

Από πλευράς χρόνου, θεωρείται βελτίωση παραγωγικότητας κατά **5%**. Η θεωρητική διάρκεια υπολογίζεται με τη σχέση:

$$T_{best,theoretical} = T_{base} / (1 + p) \quad (\text{σχ. 5.34})$$

όπου **p = 0,05**, δηλαδή αύξηση παραγωγικότητας κατά 5%.

Άρα:

$$T_{best,theoretical} = 606 / 1,05 = 577,14 \text{ ημέρες}$$

Η θεωρητική διάρκεια στρογγυλοποιείται σε:

$$T_{best,theoretical} \approx 577 \text{ ημέρες}$$

Ωστόσο, επειδή η διάρκεια ενός έργου δεν μειώνεται πλήρως γραμμικά λόγω περιορισμών εργοταξίου, διαθέσιμων μετώπων εργασίας, sequencing, commissioning και συντονισμού συνεργείων, υιοθετείται πιο συντηρητική εκτίμηση:

T_{best} = 585 ημέρες

Η ποσοστιαία μεταβολή διάρκειας του Best Case σε σχέση με το Base Case είναι:

$$\% \Delta T_{\text{best}} = [(T_{\text{best}} - T_{\text{base}}) / T_{\text{base}}] \times 100 \quad (\text{σχ. 5.35})$$

Άρα:

$$\% \Delta T_{\text{best}} = [(585 - 606) / 606] \times 100 = -3,47\%$$

Από πλευράς κόστους, το Best Case δεν θεωρεί ότι το έργο θα παρουσιάσει μεγάλη μείωση προϋπολογισμού. Σε έργα τέτοιας κλίμακας, ακόμη και η αποφυγή αυξήσεων αποτελεί σημαντική επιτυχία. Ωστόσο, μέσω value engineering, έγκαιρης προμήθειας και περιορισμού αλλαγών, μπορεί να θεωρηθεί μικρή εξοικονόμηση **1%**.

Η σχέση υπολογισμού είναι:

$$C_{\text{best}} = C_{\text{base}} \times (1 - s) \quad (\text{σχ. 5.36})$$

όπου **s = 0,01**, δηλαδή ποσοστό εξοικονόμησης 1%.

Άρα:

$$C_{\text{best}} = 43.769.899,80 \times (1 - 0,01)$$

$$C_{\text{best}} = 43.332.200,80 \text{ €}$$

Η ποσοστιαία μεταβολή κόστους του Best Case είναι:

$$\% \Delta C_{\text{best}} = [(C_{\text{best}} - C_{\text{base}}) / C_{\text{base}}] \times 100 \quad (\text{σχ. 5.37})$$

Άρα:

$$\% \Delta C_{\text{best}} = [(43.332.200,80 - 43.769.899,80) / 43.769.899,80] \times 100 = -1,00\%$$

Το Best Case Scenario, επομένως, δεν αποτελεί απλώς αισιόδοξη εκδοχή. Αποτελεί την εικόνα ενός έργου στο οποίο η διοίκηση κατορθώνει να περιορίσει την αβεβαιότητα και να μετατρέψει την οργάνωση σε μετρήσιμο όφελος.

5.8.5 Base Case Scenario

Το Base Case Scenario αποτελεί τη βασική προγραμματισμένη εικόνα του έργου. Δεν περιλαμβάνει ούτε θετική ούτε αρνητική απόκλιση. Αντιπροσωπεύει την κατάσταση στην οποία το έργο εξελίσσεται σύμφωνα με το baseline κόστος και το baseline χρονοδιάγραμμα.

Τα βασικά μεγέθη είναι:

$$C_base = 43.769.899,80 \text{ €}$$

$$T_base = 606 \text{ ημέρες}$$

Στο Base Case, η ποσοστιαία μεταβολή κόστους και χρόνου είναι μηδενική:

$$\% \Delta C_base = 0\%$$

$$\% \Delta T_base = 0\%$$

Το Base Case είναι κρίσιμο γιατί αποτελεί το κέντρο σύγκρισης όλων των υπολοίπων σεναρίων. Ωστόσο, δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένο. Η διατήρηση του έργου κοντά στο Base Case απαιτεί συνεχή παρακολούθηση, έγκαιρη διαχείριση προμηθειών, έλεγχο παραγωγικότητας και περιορισμό αλλαγών scope.

Σε διοικητικούς όρους, το Base Case είναι το σημείο όπου το έργο παραμένει ελεγχόμενο. Δεν σημαίνει απουσία κινδύνων, αλλά ότι οι κίνδυνοι δεν έχουν ακόμη εξελιχθεί σε σοβαρές αποκλίσεις.

5.8.6 Worst Case Scenario

Το Worst Case Scenario εξετάζει την περίπτωση ταυτόχρονης επιβάρυνσης κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας. Η λογική του σεναρίου βασίζεται στα προηγούμενα υποκεφάλαια της ανάλυσης ευαισθησίας.

Από την ανάλυση κόστους προέκυψε ότι το δυσμενές σενάριο πληθωριστικής πίεσης μπορεί να αυξήσει το κόστος κατά:

$$\Delta C_worst = 1.721.805,30 \text{ €}$$

Επομένως, το νέο κόστος είναι:

$$C_worst = C_base + \Delta C_worst$$

Άρα:

$$C_worst = 43.769.899,80 + 1.721.805,30$$

$$C_worst = 45.491.705,10 \text{ €}$$

Η ποσοστιαία μεταβολή κόστους είναι:

$$\% \Delta C_worst = [(C_worst - C_base) / C_base] \times 100 \quad (\text{σχ. 5.37})$$

Άρα:

$$\% \Delta C_worst = [(45.491.705,10 - 43.769.899,80) / 43.769.899,80] \times 100$$

$$\% \Delta C_worst = 3,93\%$$

Από την ανάλυση χρόνου προέκυψε ότι το συνδυασμένο δυσμενές σενάριο μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια κατά:

$$\Delta T_worst = 105 \text{ ημέρες}$$

Επομένως:

$$T_worst = T_base + \Delta T_worst$$

Άρα:

$$T_worst = 606 + 105 = 711 \text{ ημέρες}$$

Η ποσοστιαία μεταβολή διάρκειας είναι:

$$\% \Delta T_worst = [(T_worst - T_base) / T_base] \times 100$$

Άρα:

$$\% \Delta T_worst = [(711 - 606) / 606] \times 100$$

$$\% \Delta T_worst = 17,33\%$$

Το ιδιαίτερα σημαντικό εύρημα είναι ότι η χρονική απόκλιση είναι πολύ μεγαλύτερη από την οικονομική απόκλιση. Ενώ το κόστος αυξάνεται κατά **3,93%**, η διάρκεια αυξάνεται κατά **17,33%**. Αυτό σημαίνει ότι το έργο εμφανίζει μεγαλύτερη ευαισθησία στον χρόνο σε σχέση με το άμεσο κατασκευαστικό κόστος.

Σε ένα ξενοδοχειακό έργο, η παρατήρηση αυτή έχει ιδιαίτερη βαρύτητα. Η καθυστέρηση δεν επιβαρύνει μόνο το προϋπολογισμό, αλλά μπορεί να επηρεάσει την

εμπορική λειτουργία, την τουριστική περίοδο, τη χρηματοροή και τη συνολική απόδοση της επένδυσης.

5.8.7 Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων

Η συγκριτική αποτύπωση των τριών σεναρίων παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Σενάριο	Συνολικό Κόστος	Διάρκεια	Απόκλιση Κόστους	Απόκλιση Χρόνου
Best Case	43.332.200,80 €	585 ημέρες	-1,00%	-3,47%
Base Case	43.769.899,80 €	606 ημέρες	0,00%	0,00%
Worst Case	45.491.705,10 €	711 ημέρες	+3,93%	+17,33%

Πίνακας 5.8.2 – Συγκριτικά Αποτελέσματα Σεναρίων

Η σύγκριση δείχνει ότι το εύρος κόστους μεταξύ Best Case και Worst Case είναι:

$$\text{Range_C} = \text{C_worst} - \text{C_best} \quad (\text{σχ. 5.38})$$

Άρα:

$$\text{Range_C} = 45.491.705,10 - 43.332.200,80$$

$$\text{Range_C} = 2.159.504,30 \text{ €}$$

Αντίστοιχα, το εύρος διάρκειας είναι:

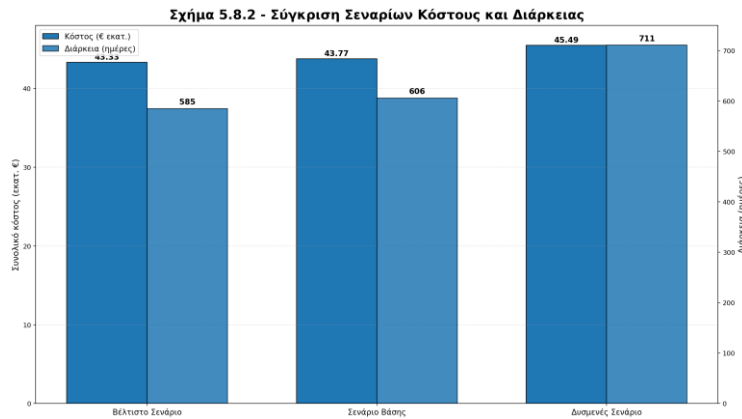
$$\text{Range_T} = \text{T_worst} - \text{T_best} \quad (\text{σχ. 5.39})$$

Άρα:

$$\text{Range_T} = 711 - 585$$

$$\text{Range_T} = 126 \text{ ημέρες}$$

Η ύπαρξη εύρους **126 ημερών** μεταξύ Best και Worst Case δείχνει ότι το έργο μπορεί να ακολουθήσει πολύ διαφορετικές χρονικές τροχιές ανάλογα με τη διοικητική αποτελεσματικότητα, την παραγωγικότητα και την εμφάνιση ή μη κρίσιμων καθυστερήσεων.



5.8.8 Δείκτης Συνολικής Απόκλισης Σεναρίου

Για να δοθεί μεγαλύτερη αναλυτική βαρύτητα στη σύγκριση, εισάγεται ένας σύνθετος δείκτης απόκλισης, ο οποίος συνδυάζει την απόκλιση κόστους και χρόνου. Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως:

$$SDI = (| \% \Delta C | + | \% \Delta T |) / 2 \quad (\text{σχ. 5.40})$$

όπου **SDI** είναι ο **Scenario Deviation Index**. Ο δείκτης υπολογίζει τη μέση απόλυτη απόκλιση κόστους και χρόνου από το Base Case.

Για το Best Case:

$$SDI_{\text{best}} = (|-1,00| + |-3,47|) / 2$$

$$SDI_{\text{best}} = 2,24\%$$

Για το Base Case:

$$SDI_{\text{base}} = 0\%$$

Για το Worst Case:

$$SDI_{\text{worst}} = (|3,93| + |17,33|) / 2$$

$$SDI_{\text{worst}} = 10,63\%$$

Σενάριο	Απόκλιση Κόστους	Απόκλιση Χρόνου	SDI
Best Case	-1,00%	-3,47%	2,24%
Base Case	0,00%	0,00%	0,00%
Worst Case	+3,93%	+17,33%	10,63%

Πίνακας 5.8.3 – Scenario Deviation Index

Ο δείκτης αυτός προσθέτει πρωτοτυπία στην ανάλυση, διότι δεν εξετάζει μόνο το κόστος ή μόνο τον χρόνο, αλλά αποτυπώνει τη συνολική απόκλιση κάθε σεναρίου από το αρχικό. Το Worst Case δεν εμφανίζεται απλώς ως σενάριο αυξημένου κόστους, αλλά ως σενάριο συνολικής επιδείνωσης του έργου.

5.8.9 Βαθμός έκθεσης σε κίνδυνο ανά Σενάριο

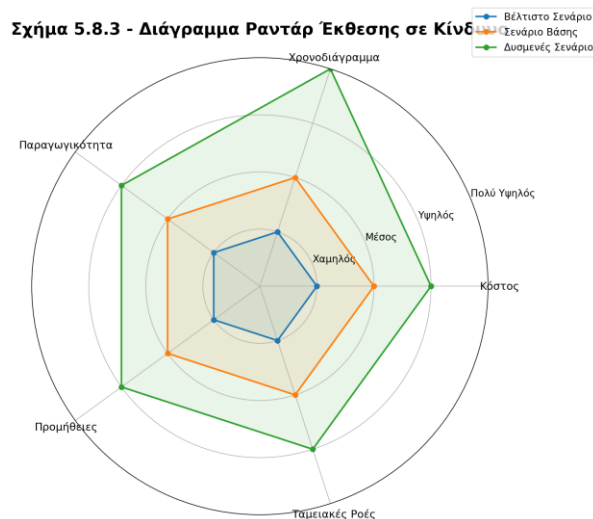
Για να αξιολογηθεί πληρέστερα η συμπεριφορά κάθε σεναρίου, εξετάζεται και η έκθεση σε κίνδυνο. Η έκθεση σε κίνδυνο δεν περιορίζεται σε μία αριθμητική μεταβολή, αλλά περιλαμβάνει περισσότερες διαστάσεις: οικονομική έκθεση, χρονική έκθεση, παραγωγική έκθεση, έκθεση προμηθειών και έκθεση χρηματοροής.

Διάσταση Κινδύνου (Risk Dimension)	Βέλτιστο Σενάριο (Best Case)	Σενάριο Βάσης (Base Case)	Δυσμενές Σενάριο (Worst Case)
Κίνδυνος Κόστους (Cost Risk)	Χαμηλός (Low)	Μέσος (Medium)	Υψηλός (High)
Κίνδυνος Χρονοδιαγράμματος (Schedule Risk)	Χαμηλός (Low)	Μέσος (Medium)	Πολύ Υψηλός (Very High)
Κίνδυνος Παραγωγικότητας (Productivity Risk)	Χαμηλός (Low)	Μέσος (Medium)	Υψηλός (High)
Κίνδυνος Προμηθειών (Procurement Risk)	Χαμηλός (Low)	Μέσος (Medium)	Υψηλός (High)

Διάσταση Κινδύνου (Risk Dimension)	Βέλτιστο Σενάριο (Best Case)	Σενάριο Βάσης (Base Case)	Δυσμενές Σενάριο (Worst Case)
Κίνδυνος Ταμειακών Ροών (Cash Flow Risk)	Χαμηλός (Low)	Μέσος (Medium)	Υψηλός (High)

Πίνακας 5.8.4 – Βαθμός έκθεσης σε κίνδυνο

Η μήτρα αυτή δείχνει ότι το Worst Case χαρακτηρίζεται από ταυτόχρονη επιβάρυνση σε όλες τις βασικές διαστάσεις. Αυτό είναι κρίσιμο, διότι τα έργα σπάνια αποτυγχάνουν λόγω ενός μόνο παράγοντα. Συνήθως, η υπέρβαση προκύπτει από αλληλεπίδραση κινδύνων.



5.8.10 Διοικητική Ερμηνεία των Αποτελεσμάτων

Η σεναριακή ανάλυση δείχνει ότι η διοίκηση του έργου πρέπει να στοχεύει στη διατήρηση της πραγματικής εξέλιξης όσο το δυνατόν πιο κοντά στο Base Case και, όπου είναι δυνατόν, στη μετακίνησή της προς το Best Case. Το Worst Case δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απλή ακραία υπόθεση, αλλά ως προειδοποίηση για το τι μπορεί να συμβεί όταν επιμέρους κίνδυνοι αλληλεπιδράσουν.

Το Best Case δείχνει την αξία της πρόληψης. Έγκαιρο procurement, σταθερό scope, καλός συντονισμός και υψηλή παραγωγικότητα μπορούν να δημιουργήσουν πραγματικό όφελος. Το Base Case δείχνει την κανονική πορεία, η οποία όμως απαιτεί συνεχή έλεγχο. Το Worst Case δείχνει την ανάγκη ύπαρξης μηχανισμών έγκαιρης προειδοποίησης.

Η αξία της ανάλυσης δεν βρίσκεται μόνο στους αριθμούς, αλλά στο ότι παρέχει ένα πλαίσιο προτεραιοποίησης. Δείχνει πού πρέπει να δώσει προσοχή η διοίκηση ώστε να αποφύγει τη μετατόπιση προς το Worst Case.

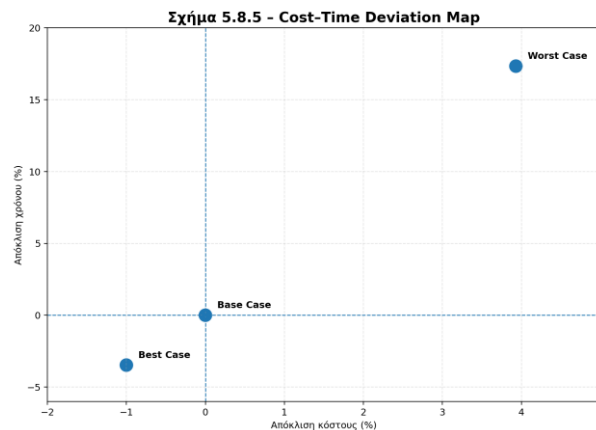
5.8.11 Συμπέρασμα

Η ανάλυση Best Case / Base Case / Worst Case ενοποίησε τα ευρήματα των προηγούμενων υποκεφαλαίων και ανέδειξε τη συνολική ευαισθησία του έργου. Το Best Case οδηγεί σε κόστος **43.332.200,80 €** και διάρκεια **585 ημερών**, το Base Case παραμένει στα **43.769.899,80 €** και τις **606 ημέρες**, ενώ το Worst Case οδηγεί σε κόστος **45.491.705,10 €** και διάρκεια **711 ημερών**.

Η σημαντικότερη παρατήρηση είναι ότι η χρονική απόκλιση στο Worst Case είναι πολύ εντονότερη από την οικονομική απόκλιση. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει ότι στο συγκεκριμένο resort project η διοίκηση χρόνου αποτελεί κρίσιμο στρατηγικό παράγοντα. Η αύξηση κόστους μπορεί να είναι σημαντική, αλλά η καθυστέρηση μπορεί να δημιουργήσει ευρύτερες επιχειρησιακές συνέπειες που υπερβαίνουν το κατασκευαστικό budget.

Η εισαγωγή του δείκτη **Scenario Deviation Index** προσφέρει ένα πρόσθετο εργαλείο αξιολόγησης, καθώς επιτρέπει τη συνδυαστική αποτίμηση κόστους και χρόνου. Με τον τρόπο αυτό, η εργασία δεν περιορίζεται σε απλή παρουσίαση σεναρίων, αλλά προτείνει ένα πιο ολοκληρωμένο πλαίσιο αξιολόγησης της συνολικής απόκλισης του έργου.

Συνολικά, η σεναριακή ανάλυση επιβεβαιώνει ότι η επιτυχία του έργου εξαρτάται από την ικανότητα της διοίκησης να παρακολουθεί ταυτόχρονα κόστος, χρόνο, παραγωγικότητα και κίνδυνο. Η διατήρηση του έργου κοντά στο Base Case, ή ακόμη καλύτερα η προσέγγιση του Best Case, απαιτεί προληπτική διοίκηση, συστηματική παρακολούθηση και έγκαιρες αποφάσεις.



5.9 Συγκριτική Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων και Σύνθεση Ευρημάτων

Η παρούσα ενότητα αποτελεί το σημείο σύνθεσης του Κεφαλαίου 5, καθώς συγκεντρώνει, συγκρίνει και ερμηνεύει τα αποτελέσματα των επιμέρους αναλύσεων ευαισθησίας που προηγήθηκαν. Στα προηγούμενα υποκεφάλαια εξετάστηκαν διακριτά η ευαισθησία κόστους, η ευαισθησία χρόνου, η παραγωγικότητα των ανθρώπινων πόρων και τα ολοκληρωμένα σενάρια Best Case, Base Case και Worst Case. Ωστόσο, η πραγματική αξία της ανάλυσης δεν βρίσκεται μόνο στην παρουσίαση των επιμέρους αποτελεσμάτων, αλλά κυρίως στη μεταξύ τους σύνδεση.

Ένα σύνθετο κατασκευαστικό έργο, όπως το υπό εξέταση δεν λειτουργεί ως άθροισμα ανεξάρτητων μεταβλητών. Αντίθετα, αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα στο οποίο το κόστος, ο χρόνος, η παραγωγικότητα, οι προμήθειες, η στελέχωση, το contingency και η ταμειακή ροή αλληλεπιδρούν συνεχώς. Για τον λόγο αυτό, η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη, διότι επιτρέπει την κατανόηση του συνολικού προφίλ ευαισθησίας του έργου.

Η ενότητα αυτή δεν επαναλαμβάνει απλώς τους αριθμούς που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Αντίθετα, επιχειρεί να απαντήσει σε ένα πιο σύνθετο ερώτημα: **ποιοι παράγοντες είναι τελικά οι σημαντικότεροι για την επιτυχία του έργου και πώς πρέπει να ιεραρχηθούν από τη διοίκηση;**

5.9.1 Σκοπός της Συγκριτικής Αξιολόγησης

Ο βασικός σκοπός της συγκριτικής αξιολόγησης είναι να μετατραπούν τα επιμέρους αριθμητικά αποτελέσματα σε ενιαία διοικητική γνώση. Η ανάλυση κόστους έδειξε ποιοι cost drivers επηρεάζουν περισσότερο τον προϋπολογισμό. Η ανάλυση χρόνου

ανέδειξε την ευαισθησία του έργου σε καθυστερήσεις και απώλειες παραγωγικότητας. Η ανάλυση ανθρώπινων πόρων έδειξε ότι η στελέχωση δεν πρέπει να αξιολογείται μόνο ποσοτικά, αλλά και με βάση την πραγματική παραγωγική απόδοση. Τέλος, η σεναριακή ανάλυση ανέδειξε το εύρος πιθανής απόκλισης μεταξύ ευνοϊκής, βασικής και δυσμενούς εξέλιξης.

Η συγκριτική αξιολόγηση επιδιώκει να συνδέσει όλα τα παραπάνω σε ένα ενιαίο πλαίσιο. Με αυτόν τον τρόπο, η εργασία περνά από το στάδιο της ανάλυσης στο στάδιο της ερμηνείας. Το ζητούμενο πλέον δεν είναι μόνο να υπολογιστεί τι συμβαίνει όταν μεταβάλλεται μία παράμετρος, αλλά να προσδιοριστεί ποια παράμετρος πρέπει να απασχολήσει περισσότερο τη διοίκηση του έργου.

Σε αυτό το πλαίσιο, η αξιολόγηση βασίζεται σε τρεις βασικούς άξονες:

Πρώτον, εξετάζεται η **ένταση της επίδρασης**, δηλαδή πόσο μεγάλη απόκλιση προκαλεί κάθε παράγοντας. Δεύτερον, εξετάζεται η **πιθανότητα διοικητικής παρέμβασης**, δηλαδή κατά πόσο ο παράγοντας μπορεί να ελεγχθεί ή να περιοριστεί μέσω αποφάσεων. Τρίτον, εξετάζεται η **συστημική σημασία**, δηλαδή αν ο παράγοντας επηρεάζει μόνο μία διάσταση του έργου ή ταυτόχρονα κόστος, χρόνο και παραγωγικότητα.

Η λογική αυτή οδηγεί σε μια πιο ώριμη μορφή αξιολόγησης, όπου οι μεταβλητές δεν συγκρίνονται μόνο αριθμητικά, αλλά και διοικητικά.

5.9.2 Συνοπτική Σύνθεση των Βασικών Αποτελεσμάτων

Από την ανάλυση ευαισθησίας κόστους προέκυψε ότι ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου είναι περισσότερο ευαίσθητος σε συγκεκριμένες κατηγορίες. Η σημαντικότερη κατηγορία είναι το **Concrete**, καθώς αύξηση 10% στη συγκεκριμένη κατηγορία οδηγεί σε πρόσθετο κόστος περίπου **464.225,38 €**, δηλαδή επίδραση **+1,06%** επί του συνολικού προϋπολογισμού. Ακολουθεί η κατηγορία **HVAC**, με επίδραση **+0,77%**, ενώ σημαντικές είναι επίσης οι κατηγορίες **Contingency**, **Finishes** και **Special Construction**.

Από την ανάλυση ευαισθησίας χρόνου προέκυψε ότι το έργο παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία στη μείωση παραγωγικότητας και στις συνδυασμένες καθυστερήσεις. Καθυστέρηση προμηθειών 30 ημερών αυξάνει τη συνολική διάρκεια από **606** σε **636 ημέρες**, ενώ μείωση παραγωγικότητας 10% μπορεί να οδηγήσει σε διάρκεια περίπου

666–673 ημερών, ανάλογα με το αν λαμβάνονται υπόψη επικαλύψεις και διαθέσιμο float. Το δυσμενές συνδυασμένο σενάριο οδηγεί σε διάρκεια **711 ημερών**, δηλαδή αύξηση **17,33%**.

Από την ανάλυση παραγωγικότητας προέκυψε ότι η μέση στελέχωση των **180 εργαζομένων** αντιστοιχεί σε περίπου:

$$\text{Person-Days} = \text{Workers} \times \text{Duration}$$

$$\text{Person-Days} = 180 \times 606 = 109.080 \text{ ανθρωποημέρες}$$

Η μείωση παραγωγικότητας κατά 10% ή 15% αυξάνει σημαντικά τη διάρκεια του έργου, αποδεικνύοντας ότι ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί κρίσιμο στοιχείο επιτυχίας. Παράλληλα, η αύξηση εργαζομένων δεν οδηγεί πάντοτε σε ανάλογη επιτάχυνση, λόγω του φαινομένου εργοταξιακής συμφόρησης.

Τέλος, η σεναριακή ανάλυση έδειξε ότι το έργο μπορεί να κινηθεί από ένα Best Case με κόστος **43.332.200,80 €** και διάρκεια **585 ημερών**, έως ένα Worst Case με κόστος **45.491.705,10 €** και διάρκεια **711 ημερών**. Το εύρος αυτό αποδεικνύει ότι η συνολική απόκλιση δεν είναι αμελητέα και ότι η διοίκηση πρέπει να λειτουργεί προληπτικά.

Πεδίο Ανάλυσης	Κρίσιμο Εύρημα	Διοικητική Ερμηνεία
Κόστος	Το σκυρόδεμα, οι δομικές εργασίες και τα συστήματα κλιματισμού αποτελούν τους ισχυρότερους οδηγούς κόστους	Απαιτείται αυστηρός έλεγχος των κρίσιμων πακέτων εργασιών
Χρόνος	Η συνδυασμένη καθυστέρηση οδηγεί σε συνολική διάρκεια 711 ημερών	Ο χρόνος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε συστημικές καθυστερήσεις
Παραγωγικότητα	Η μείωση της παραγωγικότητας κατά 10% αυξάνει σημαντικά τη διάρκεια του έργου	Η παραγωγικότητα πρέπει να παρακολουθείται ως βασικός δείκτης απόδοσης
Ανθρώπινοι	Οι 180 εργαζόμενοι αντιστοιχούν	Η στελέχωση πρέπει να

Πεδίο Ανάλυσης	Κρίσιμο Εύρημα	Διοικητική Ερμηνεία
Πόροι	περίπου σε 109.080 ανθρωποημέρες	αξιολογείται ποιοτικά και όχι μόνο αριθμητικά
Σενάρια	Το δυσμενές σενάριο οδηγεί σε αύξηση κόστους κατά 3,93% και αύξηση χρόνου κατά 17,33%	Η χρονική απόκλιση είναι εντονότερη από την οικονομική

Πίνακας 5.9.1 – Συνοπτική Σύνθεση Βασικών Ευρημάτων

5.9.3 Συγκριτική Αξιολόγηση Κόστους και Χρόνου

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα του Κεφαλαίου 5 είναι ότι το έργο παρουσιάζει διαφορετική ευαισθησία στο κόστος και στον χρόνο. Η οικονομική απόκλιση στο δυσμενές σενάριο είναι **+3,93%**, ενώ η χρονική απόκλιση είναι **+17,33%**. Η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική και δείχνει ότι το έργο είναι περισσότερο ευάλωτο σε χρονικές αποκλίσεις παρά σε άμεσες αυξήσεις κατασκευαστικού κόστους.

Η διαπίστωση αυτή έχει μεγάλη πρακτική σημασία. Μία αύξηση κόστους, εφόσον παραμένει εντός διαχειρίσιμων ορίων, μπορεί να απορροφηθεί μέσω contingency, αναθεώρησης προμηθειών, value engineering ή ανακατανομής budget. Αντίθετα, μία σημαντική χρονική καθυστέρηση μπορεί να επηρεάσει την ημερομηνία λειτουργικής έναρξης, την τουριστική περίοδο, την έναρξη εσόδων και τη συνολική οικονομική απόδοση της επένδυσης.

Για να αποτυπωθεί συγκριτικά αυτή η διαφορά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο λόγος χρονικής προς οικονομική απόκλιση:

$$\text{Time-Cost Sensitivity Ratio} = \% \Delta T / \% \Delta C \quad (\text{σχ. 5.41})$$

Για το Worst Case:

$$\text{Time-Cost Sensitivity Ratio} = 17,33 / 3,93 = 4,41$$

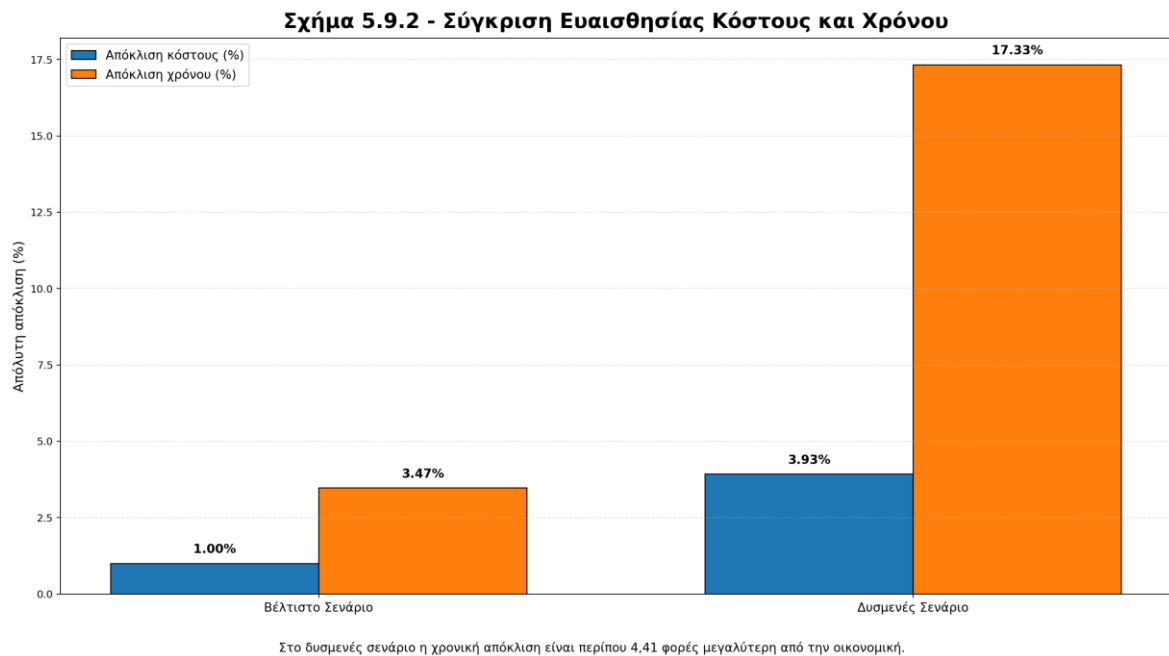
Το αποτέλεσμα σημαίνει ότι, στο δυσμενές σενάριο, η χρονική απόκλιση είναι περίπου **4,4 φορές μεγαλύτερη** από την οικονομική απόκλιση. Αυτό αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό εύρημα, διότι τεκμηριώνει ποσοτικά ότι η διοίκηση του έργου πρέπει να δώσει ιδιαίτερη βαρύτητα στη διαχείριση χρόνου.

Η σχέση αυτή δεν σημαίνει ότι το κόστος είναι δευτερεύον. Αντίθετα, δείχνει ότι το κόστος και ο χρόνος πρέπει να ελέγχονται ταυτόχρονα, αλλά η χρονική διάσταση έχει μεγαλύτερη δυναμική να προκαλέσει ευρύτερες επιχειρησιακές συνέπειες.

Σενάριο Απόκλιση Κόστους Απόκλιση Χρόνου Time-Cost Sensitivity Ratio

Best Case	-1,00%	-3,47%	3,47
Base Case	0,00%	0,00%	—
Worst Case	+3,93%	+17,33%	4,41

Πίνακας 5.9.2 – Σύγκριση Ευαισθησίας Κόστους και Χρόνου



5.9.4 Ιεράρχηση Κρίσιμων Παραγόντων (drivers)

Η σύνθεση των αποτελεσμάτων επιτρέπει την ιεράρχηση των κρίσιμων παραγόντων που επηρεάζουν την επιτυχία του έργου. Η ιεράρχηση αυτή δεν βασίζεται μόνο στο μέγεθος της αριθμητικής επίδρασης, αλλά και στη συστηματική σημασία κάθε παράγοντα.

Ο σημαντικότερος παράγοντας είναι η **παραγωγικότητα**, διότι επηρεάζει ταυτόχρονα τη διάρκεια, το κόστος εργασίας, το cash flow και την ανάγκη διοικητικής παρέμβασης. Η παραγωγικότητα δεν είναι απλώς τεχνικός δείκτης, αλλά λειτουργεί ως σύνδεσμος μεταξύ ανθρώπινων πόρων, χρόνου και κόστους.

Δεύτερος σημαντικός driver είναι οι **καθυστερήσεις προμηθειών**, ιδιαίτερα για HVAC, εξοπλισμό, ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και ειδικές κατασκευές. Οι προμήθειες επηρεάζουν άμεσα το sequencing, μπορούν να δημιουργήσουν αδράνεια συνεργείων και συχνά λειτουργούν ως αρχικό σημείο αλυσιδωτών καθυστερήσεων.

Τρίτος driver είναι το **Concrete / Structural Works**, λόγω υψηλής συμμετοχής στο budget και επειδή σχετίζεται με πρώιμες φάσεις του έργου. Αποκλίσεις σε αυτή την κατηγορία μπορούν να επηρεάσουν τόσο το κόστος όσο και τη χρονική εξέλιξη επόμενων εργασιών.

Τέταρτος driver είναι το **HVAC / MEP**, καθώς συνδυάζει υψηλό κόστος, τεχνική πολυπλοκότητα, μεγάλους χρόνους προμήθειας και κρίσιμη σημασία για commissioning και λειτουργική παράδοση.

Πέμπτος driver είναι η κατανάλωση αποθεματικού απρόβλεπτων (**contingency consumption**), δηλαδή ο ρυθμός απορρόφησης των απροβλέπτων. Η πρόωρη ή υπερβολική χρήση contingency μειώνει την ανθεκτικότητα του έργου απέναντι σε μεταγενέστερους κινδύνους.

Κατάταξη	Παράγοντας	Επηρεάζει το Κόστος	Επηρεάζει τον Χρόνο	Συστημική Σημασία
1	Παραγωγικότητα	Ναι	Ναι	Πολύ υψηλή
2	Καθυστέρηση προμηθειών	Έμμεσα	Ναι	Πολύ υψηλή
3	Σκυρόδεμα / Δομικές εργασίες	Ναι	Έμμεσα	Υψηλή
4	Κλιματισμός / Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις	Ναι	Ναι	Υψηλή
5	Κατανάλωση αποθεματικού απρόβλεπτων	Ναι	Έμμεσα	Υψηλή
6	Τελειώματα / Εξοπλισμός και επίπλωση	Ναι	Έμμεσα	Μέση προς υψηλή
7	Διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού	Έμμεσα	Ναι	Υψηλή

Πίνακας 5.9.3 – Ιεράρχηση Κρίσιμων Παραγόντων (Drivers)

5.9.5 Σύνθεση σε Ενιαίο Project Control Framework

Η συγκριτική αξιολόγηση οδηγεί στη διαμόρφωση ενός ενιαίου πλαισίου ελέγχου έργου. Το πλαίσιο αυτό συνδέει τις βασικές διαστάσεις της ανάλυσης: κόστος, χρόνο, παραγωγικότητα και κίνδυνο.

Η λογική του πλαισίου είναι ότι κάθε βασικός παράγοντας επίδρασης (driver) πρέπει να αντιστοιχίζεται με συγκεκριμένο μηχανισμό παρακολούθησης. Για παράδειγμα, οι παράγοντες κόστους (cost drivers) πρέπει να παρακολουθούνται μέσω εκθέσεων κόστους (cost reports), μητρώων δεσμεύσεων (commitment logs) και παρακολούθησης αποθεματικού απρόβλεπτων (contingency tracking). Οι παράγοντες χρονοδιαγράμματος (schedule drivers) πρέπει να παρακολουθούνται μέσω επικαιροποιημένου χρονοδιαγράμματος αναφοράς (updated baseline), βραχυπρόθεσμων προγραμμάτων προσεχών εργασιών (look-ahead schedules) και δείκτη απόδοσης χρονοδιαγράμματος (Schedule Performance Index – SPI). Η παραγωγικότητα πρέπει να παρακολουθείται μέσω ανθρωποημερών (person-days), ημερήσιων αναφορών (daily reports) και δεικτών αποδοτικότητας εργασίας (labour efficiency indicators). Οι κίνδυνοι προμηθειών (procurement risks) πρέπει να ελέγχονται μέσω μητρώων προμηθειών (procurement logs), οροσήμων παραδόσεων (delivery milestones) και δεικτών έγκαιρης προειδοποίησης (early warning indicators).

Η ολοκληρωμένη παρακολούθηση μπορεί να αποδοθεί ως εξής:

Αποτελεσματικότητα Ελέγχου Έργου (Project Control Effectiveness) = f(Έλεγχος Κόστους (Cost Control), Έλεγχος Χρονοδιαγράμματος (Schedule Control), Έλεγχος Παραγωγικότητας (Productivity Control), Έλεγχος Κινδύνου (Risk Control)) (σχ. 5.42)

Η σχέση αυτή δείχνει ότι η αποτελεσματικότητα διοίκησης δεν εξαρτάται από ένα μόνο σύστημα ελέγχου, αλλά από τη συνδυασμένη λειτουργία όλων των επιμέρους μηχανισμών.

Στην πράξη, ένα ώριμο πλαίσιο ελέγχου έργου (project control framework) για το συγκεκριμένο έργο θα πρέπει να περιλαμβάνει: μηνιαία παρακολούθηση κόστους, εβδομαδιαίο έλεγχο χρονοδιαγράμματος, βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό προσεχών εργασιών (look-ahead planning) τεσσάρων έως έξι εβδομάδων, μητρώο κινδύνων

προμηθειών (procurement risk register), πίνακα παρακολούθησης παραγωγικότητας (productivity dashboard), παρακολούθηση κατανάλωσης αποθεματικού απρόβλεπτων (contingency consumption) και χρήση των δεικτών απόδοσης χρονοδιαγράμματος και κόστους (SPI και CPI).

5.9.6 Διοικητική Ερμηνεία των Ευρημάτων

Η συγκριτική αξιολόγηση δείχνει ότι η διοίκηση του έργου πρέπει να λειτουργεί προληπτικά και όχι αντιδραστικά. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποδεικνύουν ότι οι μεγαλύτερες αποκλίσεις δεν εμφανίζονται ξαφνικά, αλλά δημιουργούνται σταδιακά μέσα από αλληλεπιδράσεις μεταξύ κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας.

Η παραγωγικότητα, για παράδειγμα, μπορεί αρχικά να εμφανιστεί ως μικρή μείωση απόδοσης συνεργειών. Εάν όμως δεν αντιμετωπιστεί, μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια, να δημιουργήσει ανάγκη υπερωριών, να αυξήσει το κόστος και να επηρεάσει τις δοκιμές και τη θέση σε λειτουργία του έργου (commissioning). Αντίστοιχα, μια καθυστέρηση στην προμήθεια εξοπλισμού θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (HVAC procurement) μπορεί να επηρεάσει τις Η/Μ εργασίες (MEP works), τις τελικές εργασίες (finishes), τις δοκιμές (testing) και τελικά την ημερομηνία παράδοσης.

Η διοικητική ερμηνεία είναι ότι το έργο πρέπει να παρακολουθείται μέσω συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Δεν αρκεί να καταγράφονται αποκλίσεις αφού έχουν συμβεί. Πρέπει να εντοπίζονται οι πρώτες ενδείξεις επιδείνωσης, όπως καθυστερήσεις παραδόσεων, πτώση της αποδοτικότητας εργασίας (labour efficiency), αυξημένη κατανάλωση αποθεματικού απρόβλεπτων (contingency) ή πτώση του δείκτη απόδοσης χρονοδιαγράμματος (Schedule Performance Index – SPI).

Η σημαντικότερη στρατηγική κατεύθυνση είναι η διατήρηση του έργου κοντά στο σενάριο βάσης (Base Case) και η αποφυγή διολίσθησης προς το δυσμενές σενάριο (Worst Case). Αυτό απαιτεί συνεχή συντονισμό μεταξύ ελέγχου κόστους (cost control), προγραμματισμού (planning), προμηθειών (procurement), εργοταξιακής διαχείρισης (site management) και διοίκησης έργου (project management).

5.9.7 Συμπέρασμα Υποκεφαλαίου

Η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ανέδειξε ότι το έργο παρουσιάζει σύνθετο προφίλ ευαισθησίας. Από τη μία πλευρά, το κόστος επηρεάζεται κυρίως από

συγκεκριμένες κατηγορίες υψηλής αξίας, όπως Concrete, HVAC, Finishes και Contingency. Από την άλλη πλευρά, ο χρόνος εμφανίζει ακόμη μεγαλύτερη ευαισθησία, ιδιαίτερα σε σενάρια μειωμένης παραγωγικότητας και συνδυασμένων καθυστερήσεων.

Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι η χρονική διάσταση αποτελεί τον ισχυρότερο παράγοντα συστημικής ευαισθησίας του έργου. Η οικονομική απόκλιση μπορεί να είναι σημαντική, αλλά η χρονική απόκλιση έχει μεγαλύτερη δυναμική να δημιουργήσει δευτερογενείς επιπτώσεις. Αυτό επιβεβαιώνεται από τον λόγο χρονικής προς οικονομική ευαισθησία, ο οποίος στο Worst Case ανέρχεται σε περίπου **4,41**.

Η παραγωγικότητα αναδεικνύεται ως ο κεντρικός σύνδεσμος μεταξύ κόστους και χρόνου. Δεν επηρεάζει μόνο τη διάρκεια, αλλά και το κόστος εργασίας, τη χρήση πόρων, το cash flow και τη δυνατότητα τήρησης του baseline. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να παρακολουθείται ως στρατηγικός δείκτης και όχι ως απλή εργοταξιακή παρατήρηση.

Η σύνθεση των ευρημάτων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επιτυχής διοίκηση του έργου απαιτεί ολοκληρωμένο πλαίσιο project controls. Η εργασία δεν πρέπει να περιοριστεί στην παρακολούθηση του προϋπολογισμού ή του χρονοδιαγράμματος ξεχωριστά. Αντίθετα, απαιτείται συνδυασμένη παρακολούθηση κόστους, χρόνου, παραγωγικότητας και κινδύνου. Μόνο με αυτή την προσέγγιση μπορεί η διοίκηση να διατηρήσει το έργο κοντά στο Base Case και να περιορίσει την πιθανότητα μετάβασης σε δυσμενές σενάριο.

5.10 Στρατηγικές Βελτιστοποίησης, Διοικητικές Προτάσεις και Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Η ολοκλήρωση της ανάλυσης ευαισθησίας δεν έχει αξία μόνο ως αριθμητική ή τεχνική διαδικασία. Η πραγματική της σημασία προκύπτει όταν τα αποτελέσματα μετατρέπονται σε συγκεκριμένες διοικητικές κατευθύνσεις, στρατηγικές πρόληψης και πρακτικά εργαλεία ελέγχου. Στα προηγούμενα υποκεφάλαια αναλύθηκαν οι κυριότερες διαστάσεις αβεβαιότητας του έργου, με έμφαση στο κόστος, τον χρόνο, την παραγωγικότητα, τα ανθρώπινα διαθέσιμα, τα εναλλακτικά σενάρια εξέλιξης και τη συγκριτική ιεράρχηση των κρίσιμων drivers. Το παρόν υποκεφάλαιο συνθέτει όλα

αυτά τα ευρήματα και τα μετατρέπει σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο διοικητικών προτάσεων.

Η λογική του παρόντος κεφαλαίου είναι ότι η ανάλυση ευαισθησίας δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως στατική μελέτη που παράγεται μία φορά και στη συνέχεια αρχειοθετείται. Αντίθετα, πρέπει να λειτουργεί ως **ζωντανό εργαλείο project controls**, το οποίο υποστηρίζει τη διοίκηση σε όλη τη διάρκεια του έργου. Με βάση τα αποτελέσματα που προηγήθηκαν, το έργο εμφανίζει μεγαλύτερη ευαισθησία στη χρονική διάσταση, ενώ το κόστος επηρεάζεται κυρίως από συγκεκριμένες κατηγορίες υψηλής αξίας, όπως Concrete, HVAC, Finishes και Contingency. Παράλληλα, η παραγωγικότητα αναδεικνύεται ως ο κρίσιμος συνδετικός μηχανισμός μεταξύ χρόνου και κόστους.

Η βασική διαπίστωση είναι ότι το έργο δεν κινδυνεύει μόνο από μία μεμονωμένη αύξηση κόστους ή από μία απομονωμένη καθυστέρηση. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος προκύπτει όταν οι αποκλίσεις αλληλεπιδρούν. Μία καθυστέρηση προμηθειών μπορεί να μειώσει την παραγωγικότητα των συνεργείων. Η μειωμένη παραγωγικότητα μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια. Η αύξηση της διάρκειας μπορεί να αυξήσει τα γενικά έξοδα εργοταξίου και να ασκήσει πίεση στο cash flow. Η πίεση στο cash flow μπορεί με τη σειρά της να περιορίσει τη δυνατότητα γρήγορων διορθωτικών ενεργειών. Επομένως, η διοίκηση του έργου πρέπει να λειτουργεί συστηματικά και όχι αποσπασματικά.

5.10.1 Μετατροπή των Ευρημάτων σε Διοικητική Στρατηγική

Η πρώτη στρατηγική κατεύθυνση που προκύπτει από την ανάλυση είναι η ανάγκη μετάβασης από την απλή παρακολούθηση του έργου σε ένα πλαίσιο **προληπτικής διοίκησης**. Η παραδοσιακή παρακολούθηση βασίζεται συχνά στη σύγκριση προγραμματισμένων και πραγματικών τιμών εκ των υστέρων. Αντίθετα, η προσέγγιση που προτείνεται στην παρούσα εργασία βασίζεται στην έγκαιρη αναγνώριση σημάτων κινδύνου πριν αυτά μετατραπούν σε σημαντικές αποκλίσεις.

Η στρατηγική αυτή μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

Έγκαιρος Εντοπισμός (Early Detection) → Διορθωτική Ενέργεια (Corrective Action) → Ελεγχόμενη Απόκλιση (Controlled Deviation) (σχ. 5.43)

Η σχέση αυτή δείχνει ότι όσο νωρίτερα εντοπίζεται μία απόκλιση, τόσο μικρότερο είναι το απαιτούμενο διορθωτικό κόστος και τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα το έργο να παραμείνει κοντά στο σενάριο βάσης (Base Case). Αντίθετα, όταν οι αποκλίσεις αναγνωρίζονται αργά, η διοίκηση αναγκάζεται να εφαρμόσει πιο δαπανηρές και πιο πιεστικές λύσεις, όπως υπερωριακή εργασία (overtime), μέτρα επιτάχυνσης (acceleration measures), επανασχεδιασμό (redesign), αλλαγές προμηθευτών ή συμπίεση δραστηριοτήτων.

Σε πρακτικό επίπεδο, η διοίκηση πρέπει να υιοθετήσει ένα σύστημα ελέγχου που να παρακολουθεί ταυτόχρονα:

το κόστος των κρίσιμων πακέτων,

την εξέλιξη του χρονοδιαγράμματος,

την παραγωγικότητα των συνεργείων,

την πορεία των προμηθειών,

την απορρόφηση contingency,

την ταμειακή ροή,

τους δείκτες SPI και CPI.

Με αυτόν τον τρόπο, το έργο δεν αντιμετωπίζεται ως ένα στατικό συμβατικό αντικείμενο, αλλά ως δυναμικό σύστημα που απαιτεί συνεχή προσαρμογή.

5.10.2 Στρατηγικές Ελέγχου Κόστους

Η ανάλυση ευαισθησίας κόστους έδειξε ότι οι σημαντικότερες κατηγορίες οικονομικής επίδρασης είναι το σκυρόδεμα (Concrete), τα συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (HVAC), το αποθεματικό απρόβλεπτων (Contingency), οι τελικές εργασίες (Finishes) και οι ειδικές κατασκευές (Special Construction). Αυτό σημαίνει ότι η διοίκηση δεν χρειάζεται να καταναίμει την ίδια ένταση ελέγχου σε όλες τις γραμμές του προϋπολογισμού. Αντίθετα, πρέπει να εφαρμόσει στοχευμένο έλεγχο κόστους (cost control) στις κατηγορίες με τη μεγαλύτερη επίδραση.

Για την κατηγορία σκυροδέματος / δομικών εργασιών (Concrete / Structural Works), η στρατηγική πρέπει να βασιστεί στο έγκαιρο κλείδωμα τιμών, στην παρακολούθηση ποσοτήτων, στη συστηματική σύγκριση πραγματικών και προϋπολογισμένων

ποσοτήτων και στον έλεγχο αλλαγών σχεδιασμού που επηρεάζουν τον φέροντα οργανισμό. Η συγκεκριμένη κατηγορία είναι κρίσιμη όχι μόνο λόγω κόστους, αλλά και επειδή συνδέεται με πρώιμες φάσεις του έργου. Οποιαδήποτε απόκλιση στην αρχή μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις επόμενες εργασίες.

Για την κατηγορία συστημάτων θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού / ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (HVAC / MEP), η στρατηγική πρέπει να εστιάσει στις έγκαιρες προμήθειες (early procurement), στην τεχνική ωρίμανση των υποβολών, στην έγκαιρη έγκριση υλικών και εξοπλισμού, καθώς και στην παρακολούθηση των χρόνων παράδοσης. Η κατηγορία αυτή εμφανίζει διπλή σημασία, επειδή επηρεάζει τόσο το κόστος όσο και τις δοκιμές και τη θέση σε λειτουργία (commissioning). Καθυστέρηση στα συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (HVAC) μπορεί να μη φανεί άμεσα ως μεγάλη χρονική απόκλιση στην αρχή, αλλά μπορεί να εμφανιστεί έντονα στις τελικές φάσεις, όταν το περιθώριο αντίδρασης είναι περιορισμένο.

Για τις τελικές εργασίες / εξοπλισμό και επίπλωση (Finishes / FF&E), η βασική στρατηγική είναι ο αυστηρός έλεγχος αλλαγών. Σε έργα τουριστικών συγκροτημάτων (resort projects), οι τελικές επιλογές υλικών, αισθητικής και εξοπλισμού συχνά υπόκεινται σε αναβαθμίσεις ή αλλαγές σχεδιασμού (design). Αν αυτές οι αλλαγές δεν ελέγχονται, μπορούν να δημιουργήσουν υπέρβαση κόστους και καθυστέρηση προμηθειών. Επομένως, απαιτείται οριστικοποίηση σχεδιασμού (design freeze) σε κρίσιμες ημερομηνίες, σαφής διαδικασία έγκρισης αλλαγών και αξιολόγηση κάθε αλλαγής ως προς κόστος και χρόνο.

Για το αποθεματικό απρόβλεπτων (Contingency), η διοίκηση πρέπει να εφαρμόσει ενεργή παρακολούθηση κατανάλωσης. Το αποθεματικό απρόβλεπτων (contingency) δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως διαθέσιμο υπόλοιπο για γενική χρήση, αλλά ως στρατηγικό αποθεματικό κινδύνου. Η πρόωρη απορρόφησή του μειώνει την ανθεκτικότητα του έργου απέναντι σε μελλοντικές αποκλίσεις.

Η αποτελεσματικότητα του ελέγχου κόστους (cost control) μπορεί να αποδοθεί συνοπτικά με τη σχέση:

Αποτελεσματικότητα Ελέγχου Κόστους (Cost Control Effectiveness) = f(Παρακολούθηση Προϋπολογισμού (Budget Monitoring), Έλεγχος Αλλαγών (Change Control), Έλεγχος Προμηθειών (Procurement Control), Διαχείριση Αποθεματικού Απρόβλεπτων (Contingency Management)) (σχ. 5.43)

Η σχέση αυτή δείχνει ότι ο έλεγχος κόστους δεν είναι μία μεμονωμένη διαδικασία, αλλά αποτέλεσμα συνδυασμού εργαλείων και διοικητικών αποφάσεων.

5.10.3 Στρατηγικές Ελέγχου Χρόνου

Η ανάλυση ευαισθησίας χρόνου ανέδειξε ότι η χρονική διάσταση είναι η πιο ευάλωτη πλευρά του έργου. Το δυσμενές σενάριο (Worst Case) οδηγεί σε αύξηση διάρκειας από 606 σε 711 ημέρες, δηλαδή σε απόκλιση 17,33%. Η απόκλιση αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη οικονομική απόκλιση του δυσμενούς σεναρίου (Worst Case), γεγονός που δείχνει ότι η διοίκηση πρέπει να δώσει ιδιαίτερη προτεραιότητα στον έλεγχο χρονοδιαγράμματος (schedule control).

Η στρατηγική ελέγχου χρόνου πρέπει να βασίζεται σε τέσσερις βασικούς μηχανισμούς. Ο πρώτος είναι η συνεχής ενημέρωση του χρονοδιαγράμματος. Το χρονοδιάγραμμα αναφοράς (baseline) αποτελεί σημείο αναφοράς, αλλά δεν επαρκεί από μόνο του. Το πρόγραμμα πρέπει να ενημερώνεται με πραγματική πρόοδο, καθυστερήσεις, αλλαγές αλληλουχίας και επικαιροποιημένες προβλέψεις.

Ο δεύτερος μηχανισμός είναι ο βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός προσεχών εργασιών (look-ahead planning). Η διοίκηση δεν πρέπει να παρακολουθεί μόνο τι συνέβη, αλλά και τι πρόκειται να συμβεί τις επόμενες τέσσερις έως έξι εβδομάδες. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε φάσεις όπου πολλές ειδικότητες εργάζονται ταυτόχρονα, όπως οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (MEP), η ξηρά δόμηση, οι τελικές εργασίες (finishes) και οι δοκιμές και θέση σε λειτουργία (commissioning).

Ο τρίτος μηχανισμός είναι η παρακολούθηση της κρίσιμης διαδρομής (critical path) και των σχεδόν κρίσιμων δραστηριοτήτων (near-critical activities). Σε σύνθετα έργα, μια δραστηριότητα που αρχικά δεν είναι κρίσιμη μπορεί να μετατραπεί σε κρίσιμη εάν εξαντληθεί το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο (float). Συνεπώς, η διοίκηση πρέπει να παρακολουθεί όχι μόνο την κύρια κρίσιμη διαδρομή, αλλά και τις δραστηριότητες που βρίσκονται κοντά σε αυτή.

Ο τέταρτος μηχανισμός είναι η χρήση δεικτών δεδουλευμένης αξίας (Earned Value), και ειδικότερα του δείκτη απόδοσης χρονοδιαγράμματος (Schedule Performance Index – SPI):

$$SPI = EV / PV \quad (\text{σχ. 5.43})$$

Όταν ο δείκτης απόδοσης χρονοδιαγράμματος (SPI) είναι μικρότερος από 1, το έργο παρουσιάζει καθυστέρηση έναντι του προγραμματισμένου ρυθμού. Ο δείκτης αυτός επιτρέπει πιο αντικειμενική παρακολούθηση της χρονικής επίδοσης και βοηθά τη διοίκηση να εντοπίζει εγκαίρως αρνητικές τάσεις.

Η αποτελεσματικότητα του ελέγχου χρονοδιαγράμματος (schedule control) μπορεί να εκφραστεί ως:

Αποτελεσματικότητα Ελέγχου Χρονοδιαγράμματος (Schedule Control Effectiveness) = f(Παρακολούθηση Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Monitoring), Βραχυπρόθεσμος Προγραμματισμός Προσεχών Εργασιών (Look-Ahead Planning), Παρακολούθηση Δείκτη Απόδοσης Χρονοδιαγράμματος (SPI Tracking), Ευθυγράμμιση Προμηθειών (Procurement Alignment)) (σχ. 5.44)

Η σχέση αυτή δείχνει ότι ο χρόνος δεν ελέγχεται μόνο μέσω του διαγράμματος Gantt (Gantt chart), αλλά μέσω συνδυασμού προγραμματισμού, προμηθειών, παραγωγικότητας και συστηματικής παρακολούθησης.

5.10.4 Στρατηγικές Βελτίωσης Παραγωγικότητας

Η παραγωγικότητα αναδείχθηκε ως ο κεντρικός μηχανισμός σύνδεσης μεταξύ κόστους και χρόνου. Η μέση στελέχωση των **180 εργαζομένων** οδηγεί σε περίπου **109.080 ανθρωποημέρες**, όμως η πραγματική απόδοση του έργου δεν εξαρτάται μόνο από τον αριθμό εργαζομένων. Εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται οι εργασίες, διατίθενται τα υλικά, συντονίζονται τα συνεργεία και επιλύονται τα εμπόδια.

Η βασική σχέση παραγωγικότητας είναι:

$$\text{Productivity} = \text{Output} / (\text{Labour} \times \text{Time}) \quad (\text{σχ. 5.45})$$

Αν η παραγωγικότητα μειωθεί, τότε για την ίδια ποσότητα εργασίας απαιτείται περισσότερος χρόνος ή περισσότερη εργασία. Επομένως, η παραγωγικότητα πρέπει να παρακολουθείται ως στρατηγικός δείκτης και όχι ως απλή παρατήρηση εργοταξίου.

Η διοίκηση πρέπει να εφαρμόσει μηχανισμούς που μειώνουν το rework, εξασφαλίζουν καθαρά μέτωπα εργασίας, βελτιώνουν τη ροή υλικών και αποτρέπουν τη συμφόρηση. Ιδιαίτερη σημασία έχει η εργοταξιακή ζωνοποίηση. Σε resort projects,

όπου υπάρχουν πολλαπλές περιοχές εργασίας, δωμάτια, κοινόχρηστοι χώροι, μηχανοστάσια και εξωτερικές διαμορφώσεις, η σωστή κατανομή συνεργείων ανά ζώνη μπορεί να αυξήσει σημαντικά την πραγματική παραγωγικότητα.

Η παραγωγικότητα μπορεί να παρακολουθείται μέσω του δείκτη Labour Efficiency:

$$\text{Labour Efficiency} = \text{Planned Person-Days} / \text{Actual Person-Days} \quad (\text{σχ. 5.46})$$

Τιμή κοντά στη μονάδα δείχνει ότι το έργο εκτελείται σύμφωνα με το παραγωγικό πλάνο. Τιμή κάτω από τη μονάδα δείχνει ότι απαιτούνται περισσότερες ανθρωποημέρες από τις προγραμματισμένες, άρα υπάρχει απώλεια αποδοτικότητας.

Η βελτίωση παραγωγικότητας δεν πρέπει να επιδιώκεται μόνο μέσω αύξησης προσωπικού. Αντίθετα, η αύξηση προσωπικού χωρίς επαρκή οργάνωση μπορεί να δημιουργήσει εργοταξιακή συμφόρηση και να μειώσει την απόδοση ανά εργαζόμενο. Η σωστή στρατηγική είναι η βελτιστοποίηση του συνδυασμού ανθρώπινου δυναμικού, διαθέσιμων μετώπων, επίβλεψης και σειράς εκτέλεσης εργασιών.

5.10.5 Στρατηγική Διαχείρισης Προμηθειών

Η ανάλυση έδειξε ότι οι προμήθειες αποτελούν κρίσιμο σημείο σύνδεσης μεταξύ κόστους και χρόνου. Ειδικά για κατηγορίες όπως HVAC, ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, ειδικές κατασκευές, finishes και FF&E, η καθυστέρηση προμηθειών μπορεί να μετατραπεί σε καθυστέρηση δραστηριοτήτων, μείωση παραγωγικότητας και πίεση στο commissioning.

Η διοίκηση πρέπει να εφαρμόσει ένα ενεργό **procurement risk log**, στο οποίο να καταγράφονται τα κρίσιμα πακέτα, οι ημερομηνίες υποβολής, οι ημερομηνίες έγκρισης, οι χρόνοι παραγωγής, οι ημερομηνίες μεταφοράς και οι απαιτούμενες ημερομηνίες παράδοσης στο εργοτάξιο. Η παρακολούθηση πρέπει να γίνεται όχι μόνο σε επίπεδο παραγγελίας, αλλά σε επίπεδο milestone.

Η στρατηγική διαχείρισης προμηθειών μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$\text{Procurement Reliability} = f(\text{Early Ordering, Supplier Monitoring, Approval Speed, Logistics Control}) \quad (\text{σχ. 5.47})$$

Όσο υψηλότερη είναι η αξιοπιστία των προμηθειών, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα να ενεργοποιηθούν καθυστερήσεις στην κρίσιμη διαδρομή.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η ευθυγράμμιση procurement και schedule. Δεν αρκεί να γνωρίζει η ομάδα προμηθειών πότε αναμένεται ένα υλικό. Πρέπει να γνωρίζει πότε το υλικό είναι πραγματικά απαραίτητο για να μη διακοπεί η εργοταξιακή ροή. Η διαφορά αυτή είναι κρίσιμη για την αποφυγή καθυστερήσεων.

5.10.6 Ενοποιημένο Πλαίσιο Διοίκησης και Ελέγχου

Με βάση όλα τα προηγούμενα, προτείνεται ένα ενιαίο πλαίσιο διοίκησης που συνδέει τις τέσσερις βασικές διαστάσεις του έργου:

$$\text{Project Performance} = f(\text{Cost, Time, Productivity, Risk}) \quad (\text{σχ. 5.48})$$

Η σχέση αυτή συνοψίζει τη φιλοσοφία του Κεφαλαίου 5. Η επιτυχία του έργου δεν εξαρτάται μόνο από το αν το κόστος παραμένει εντός προϋπολογισμού ή αν το χρονοδιάγραμμα τηρείται. Εξαρτάται από τη συνδυασμένη επίδοση όλων των παραπάνω διαστάσεων.

Ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ελέγχου πρέπει να περιλαμβάνει:

Πεδίο Ελέγχου	Εργαλείο Παρακολούθησης	Συχνότητα
Κόστος	Εκθεση κόστους (Cost Report), μητρώο δεσμεύσεων (Commitment Log), παρακολούθηση αποθεματικού απρόβλεπτων (Contingency Tracker)	Μηνιαία
Χρόνος	Επικαιροποιημένο χρονοδιάγραμμα (Updated Schedule), ανασκόπηση κρίσιμης διαδρομής (Critical Path Review), δείκτης απόδοσης χρονοδιαγράμματος (Schedule Performance Index – SPI)	Εβδομαδιαία / Μηνιαία
Παραγωγικότητα	Ημερήσιες αναφορές (Daily Reports), ανθρωποημέρες (Person-Days), αποδοτικότητα εργασίας (Labour Efficiency)	Εβδομαδιαία
Προμήθειες	Μητρώο προμηθειών (Procurement Log), ορόσημα παραδόσεων (Delivery Milestones)	Εβδομαδιαία

Πεδίο Ελέγχου	Εργαλείο Παρακολούθησης	Συχνότητα
Κίνδυνος	Μητρώο κινδύνων (Risk Register), δείκτες έγκαιρης προειδοποίησης (Early Warning Indicators)	Μηνιαία
Cash Flow	Καμπύλη S (S-Curve), απαιτήσεις χρηματοδότησης (Funding Requirements)	Μηνιαία

Η αξία αυτού του πλαισίου είναι ότι δεν αντιμετωπίζει τις αποκλίσεις ως μεμονωμένα γεγονότα. Αντίθετα, τις εντάσσει σε ένα σύστημα παρακολούθησης, όπου κάθε απόκλιση μπορεί να συνδεθεί με τις πιθανές επιπτώσεις της σε άλλες διαστάσεις.

5.10.7 Προτεινόμενοι Δείκτες Παρακολούθησης

Για την πρακτική εφαρμογή των παραπάνω στρατηγικών, προτείνεται η χρήση συγκεκριμένων KPIs. Οι δείκτες αυτοί επιτρέπουν στη διοίκηση να παρακολουθεί την εξέλιξη του έργου με αντικειμενικό τρόπο.

Δείκτης	Σχέση / Περιγραφή	Ερμηνεία
CPI	$CPI = EV / AC$	Αποδοτικότητα κόστους
SPI	$SPI = EV / PV$	Αποδοτικότητα χρόνου
Labour Efficiency	Planned Person-Days / Actual Person-Days	Παραγωγικότητα εργασίας
Contingency Burn Rate	Used Contingency / Total Contingency	Ρυθμός απορρόφησης απροβλέπτων
Procurement Reliability	On-Time Deliveries / Total Deliveries	Αξιοπιστία προμηθειών
Schedule Variance	$EV - PV$	Απόκλιση χρονοδιαγράμματος
Cost Variance	$EV - AC$	Απόκλιση κόστους

Η χρήση αυτών των δεικτών μετατρέπει την ανάλυση σε πρακτικό εργαλείο παρακολούθησης. Αντί η διοίκηση να βασίζεται αποκλειστικά σε ποιοτικές εκτιμήσεις, μπορεί να αξιολογεί την πορεία του έργου με συγκεκριμένα μεγέθη.

5.10.8 Συμπέρασμα Κεφαλαίου 5

Το Κεφάλαιο 5 ανέπτυξε μια ολοκληρωμένη ανάλυση ευαισθησίας για το έργο, αξιοποιώντας πραγματικά δεδομένα κόστους, χρονοδιαγράμματος και παραγωγικότητας. Η ανάλυση δεν περιορίστηκε σε μία απλή παράθεση αριθμών, αλλά επιχείρησε να αναδείξει τον τρόπο με τον οποίο οι κρίσιμες μεταβλητές αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν τη συνολική επιτυχία του έργου.

Η ανάλυση κόστους έδειξε ότι ο προϋπολογισμός είναι περισσότερο ευαίσθητος σε συγκεκριμένες κατηγορίες υψηλής αξίας, κυρίως Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction και Contingency. Η ανάλυση χρόνου έδειξε ότι το έργο εμφανίζει ακόμη μεγαλύτερη ευαισθησία σε καθυστερήσεις, ειδικά όταν αυτές συνδυάζονται με μειωμένη παραγωγικότητα και διαταραχές προμηθειών. Η ανάλυση ανθρώπινων πόρων ανέδειξε ότι η παραγωγικότητα αποτελεί τον κεντρικό μηχανισμό που συνδέει το κόστος και τον χρόνο. Η σεναριακή ανάλυση έδειξε ότι η διαφορά μεταξύ καλύτερου σεναρίου (Best Case) και χειρότερου (Worst Case) μπορεί να φτάσει τα **2.159.504,30 €** σε κόστος και τις **126 ημέρες** σε διάρκεια.

Το σημαντικότερο συμπέρασμα είναι ότι η χρονική διάσταση αποτελεί τον πιο ευαίσθητο παράγοντα του έργου. Στο χειρότερο σενάριο (Worst Case), η αύξηση κόστους είναι **3,93%**, ενώ η αύξηση διάρκειας είναι **17,33%**. Αυτό αποδεικνύει ότι η καθυστέρηση μπορεί να δημιουργήσει πολύ μεγαλύτερες δευτερογενείς επιπτώσεις από την άμεση αύξηση κόστους. Για ένα ξενοδοχειακό έργο (resort Project), η έγκαιρη παράδοση είναι στρατηγικής σημασίας, διότι συνδέεται με την τουριστική περίοδο, την έναρξη εσόδων και την απόδοση της επένδυσης.

Η συνολική συμβολή του Κεφαλαίου 5 είναι ότι μετατρέπει την ανάλυση ευαισθησίας από αριθμητική άσκηση σε διοικητικό εργαλείο. Μέσα από τους πίνακες, τα σενάρια, τους δείκτες και τα διαγράμματα, διαμορφώνεται ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ελέγχου που μπορεί να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων. Η διοίκηση του έργου μπορεί να χρησιμοποιήσει τα ευρήματα για να εστιάσει στους κρίσιμους παράγοντες που επηρεάζουν το έργο, να παρακολουθήσει έγκαιρα αποκλίσεις και να εφαρμόσει διορθωτικές ενέργειες πριν οι αποκλίσεις εξελιχθούν σε σοβαρό πρόβλημα.

Με τον τρόπο αυτό, το Κεφάλαιο 5 ολοκληρώνει τη μετάβαση από την περιγραφή του έργου και των δεδομένων του στην ουσιαστική αξιολόγηση της ανθεκτικότητας, της ευαισθησίας και της διοικητικής του διαχειρισιμότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Συμπεράσματα, Περιορισμοί και Προτάσεις

6.1 Εισαγωγή Κεφαλαίου

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί το καταληκτικό μέρος της διπλωματικής εργασίας και έχει ως σκοπό τη συνολική αποτίμηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση του έργου. Μετά την παρουσίαση του θεωρητικού πλαισίου, την περιγραφή του έργου, την ανάλυση του προϋπολογισμού, του χρονοδιαγράμματος και την εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας, το Κεφάλαιο 6 επιχειρεί να συνθέσει τα ευρήματα σε ένα ενιαίο σύνολο συμπερασμάτων.

Η σημασία του κεφαλαίου αυτού είναι ιδιαίτερη, διότι δεν περιορίζεται στην απλή επανάληψη των αριθμητικών αποτελεσμάτων. Αντίθετα, επιχειρεί να ερμηνεύσει τη σημασία τους για τη διοίκηση τεχνικών έργων και ειδικότερα για έργα τουριστικής ανάπτυξης μεγάλης κλίμακας. Στο πλαίσιο αυτό, τα συμπεράσματα που παρουσιάζονται δεν αντιμετωπίζονται ως απομονωμένες παρατηρήσεις, αλλά ως στοιχεία ενός ολοκληρωμένου πλαισίου κατανόησης της σχέσης μεταξύ κόστους, χρόνου, παραγωγικότητας και κινδύνου.

Η εργασία βασίστηκε στη μελέτη ενός πραγματικού έργου, γεγονός που ενισχύει τη χρησιμότητα των ευρημάτων. Ο πραγματικός προϋπολογισμός, το πραγματικό χρονοδιάγραμμα, οι επιμέρους κατηγορίες κόστους και η κατανομή των ανθρώπινων πόρων αποτέλεσαν τη βάση για την ποσοτική ανάλυση. Με αυτόν τον τρόπο, η εργασία απέφυγε μια αμιγώς θεωρητική προσέγγιση και επιδίωξε να συνδέσει την ακαδημαϊκή μεθοδολογία με την πρακτική εφαρμογή στη διοίκηση έργων.

Το Κεφάλαιο 6 οργανώνεται σε επιμέρους ενότητες. Αρχικά παρουσιάζεται η συνολική αποτίμηση της μελέτης και η σύνδεσή της με τους στόχους της εργασίας. Στη συνέχεια συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας. Ακολουθούν οι διοικητικές και πρακτικές προτάσεις που απορρέουν από τα αποτελέσματα, οι περιορισμοί της μελέτης και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα. Τέλος, διατυπώνεται το συνολικό τελικό συμπέρασμα της εργασίας.

6.2 Συνολική Αποτίμηση της Μελέτης

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως βασικό αντικείμενο τη διερεύνηση της διοίκησης κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας σε ένα σύνθετο έργο τουριστικής ανάπτυξης. Το έργο **σε περιοχή της Κρήτης** αποτέλεσε κατάλληλη μελέτη περίπτωσης, καθώς συγκεντρώνει χαρακτηριστικά που το καθιστούν ιδιαίτερα ενδιαφέρον από πλευράς project management: υψηλό προϋπολογισμό, μεγάλη διάρκεια, πολλαπλές τεχνικές κατηγορίες, αυξημένες απαιτήσεις συντονισμού, σημαντική εμπλοκή ανθρώπινων πόρων και έντονη σύνδεση με την εμπορική λειτουργία μετά την ολοκλήρωση.

Η ανάλυση έδειξε ότι η επιτυχής υλοποίηση ενός τέτοιου έργου δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ύπαρξη ενός αναλυτικού προϋπολογισμού ή ενός λεπτομερούς χρονοδιαγράμματος. Αντίθετα, εξαρτάται από την ικανότητα της διοίκησης να παρακολουθεί δυναμικά τις κρίσιμες μεταβλητές και να παρεμβαίνει έγκαιρα όταν εμφανίζονται αποκλίσεις. Με άλλα λόγια, η διοίκηση έργου δεν είναι στατική διαδικασία σχεδιασμού, αλλά συνεχής διαδικασία ελέγχου, πρόβλεψης, αναπροσαρμογής και λήψης αποφάσεων.

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα της εργασίας είναι ότι το κόστος, ο χρόνος και η παραγωγικότητα δεν μπορούν να αξιολογηθούν ανεξάρτητα. Η αύξηση κόστους σε μία κρίσιμη κατηγορία μπορεί να επηρεάσει την ανάγκη χρηματοδότησης. Η καθυστέρηση προμηθειών μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα των συνεργείων. Η μειωμένη παραγωγικότητα μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια. Η αύξηση διάρκειας μπορεί να δημιουργήσει πρόσθετο κόστος και να μεταβάλει την ταμειακή ροή. Επομένως, η εργασία ανέδειξε την ανάγκη για ολοκληρωμένη προσέγγιση ελέγχου του έργου (Project controls).

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης το γεγονός ότι η εργασία ανέδειξε τη χρονική διάσταση ως ιδιαίτερα κρίσιμη. Αν και ο προϋπολογισμός του έργου είναι υψηλός και η ανάλυση κόστους απαραίτητη, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι χρονικές αποκλίσεις μπορούν να έχουν ακόμη πιο έντονες δευτερογενείς συνέπειες. Στο δυσμενές σενάριο, η οικονομική απόκλιση ήταν σαφώς μικρότερη από τη χρονική απόκλιση. Αυτό σημαίνει ότι σε ένα μεγάλης κλίμακας ξενοδοχειακό έργο (resort project), όπου η ημερομηνία λειτουργικής έναρξης συνδέεται με την τουριστική περίοδο, η καθυστέρηση αποκτά στρατηγική σημασία.

Η εργασία συνέβαλε επίσης στην ανάδειξη της παραγωγικότητας ως κεντρικού συνδετικού μηχανισμού μεταξύ κόστους και χρόνου. Η παραγωγικότητα δεν αντιμετωπίστηκε απλώς ως τεχνικός δείκτης, αλλά ως κρίσιμη μεταβλητή διοίκησης. Η μείωση της παραγωγικότητας δεν επηρεάζει μόνο την πρόοδο των εργασιών, αλλά μπορεί να μεταβάλει τη διάρκεια, να αυξήσει τα γενικά έξοδα, να δημιουργήσει ανάγκη για πρόσθετους πόρους και να ασκήσει πίεση στο συνολικό σύστημα του έργου.

Συνολικά, η μελέτη επιβεβαίωσε ότι τα μεγάλα κατασκευαστικά έργα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως δυναμικά συστήματα. Δεν αρκεί η ύπαρξη αρχικού σχεδιασμού. Απαιτείται συνεχής παρακολούθηση, ανάλυση ευαισθησίας, αξιολόγηση σεναρίων, χρήση δεικτών και ενεργή διοικητική παρέμβαση. Η βασική συμβολή της εργασίας είναι ότι μετέτρεψε τα πραγματικά δεδομένα του έργου σε αναλυτικό πλαίσιο αξιολόγησης και λήψης αποφάσεων.

6.3 Κύρια Συμπεράσματα από την Ανάλυση Κόστους

Η ανάλυση κόστους αποτέλεσε ένα από τα βασικά μέρη της εργασίας, καθώς επέτρεψε την αποτύπωση της οικονομικής δομής του έργου και την αναγνώριση των κατηγοριών που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στον συνολικό προϋπολογισμό. Ο αναθεωρημένος καθαρός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε **43.769.899,80 €**, γεγονός που κατατάσσει το έργο στην κατηγορία των μεγάλων επενδυτικών κατασκευαστικών έργων. Η ανάλυση έδειξε ότι το κόστος δεν κατανέμεται ισομερώς σε όλες τις κατηγορίες, αλλά συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένους **παράγοντες που οδηγούν/επηρεάζουν το κόστος** ενός έργου ή μιας δραστηριότητας (cost drivers).

Το σημαντικότερο εύρημα είναι ότι η κατηγορία Σκυροδέματα (**Concrete / Structural Works**) αποτελεί τον ισχυρότερο οικονομικό παράγοντα του έργου. Η αύξηση κατά 10% στην κατηγορία αυτή οδηγεί σε πρόσθετη επιβάρυνση περίπου **464.225,38 €**, δηλαδή σε αύξηση περίπου **1,06%** επί του συνολικού προϋπολογισμού. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι δείχνει ότι ακόμη και μια περιορισμένη μεταβολή σε μία βασική κατασκευαστική κατηγορία μπορεί να επηρεάσει ουσιαστικά το συνολικό προϋπολογισμό.

Η δεύτερη σημαντική κατηγορία είναι ο κλιματισμός (**HVAC / MEP Systems**). Τα συστήματα αυτά είναι κρίσιμα τόσο από οικονομική όσο και από λειτουργική άποψη. Η ανάλυση έδειξε ότι αύξηση 10% στην κατηγορία HVAC οδηγεί σε πρόσθετο

κόστος περίπου **337.000,00 €**, δηλαδή σε επίδραση περίπου **0,77%** στο συνολικό προϋπολογισμό (budget). Η σημασία της συγκεκριμένης κατηγορίας δεν περιορίζεται στο κόστος της. Τα Η/Μ συστήματα επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα λειτουργίας του resort, την ενεργειακή απόδοση, το commissioning και τη δυνατότητα παράδοσης του έργου σε λειτουργική κατάσταση.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατηγορία Απρόβλεπτα (**Contingency**). Τα απρόβλεπτα δεν αποτελούν τυπική παραγωγική εργασία, όπως τα σκυροδέματα ή τα τελειώματα, αλλά αποτελεί στρατηγικό αποθεματικό κινδύνου. Η ύπαρξή του δείχνει ότι η διοίκηση του έργου αναγνωρίζει την αβεβαιότητα και προβλέπει οικονομικό περιθώριο για την απορρόφηση μελλοντικών αποκλίσεων. Ωστόσο, η ανάλυση έδειξε ότι η πρόωρη ή μη ελεγχόμενη κατανάλωση της δαπάνης των απροβλέπτων μπορεί να μειώσει την ανθεκτικότητα του έργου σε μεταγενέστερους κινδύνους. Συνεπώς, το contingency δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απλό υπόλοιπο προϋπολογισμού, αλλά ως ενεργό εργαλείο διαχείρισης κινδύνων (risk management).

Η κατηγορία Τελειώματα (**Finishes / FF&E**) αναδείχθηκε επίσης σημαντική, ιδίως λόγω της φύσης του έργου ως resort. Σε τουριστικά έργα υψηλών απαιτήσεων, τα τελειώματα και ο εξοπλισμός δεν έχουν μόνο κατασκευαστική σημασία, αλλά συνδέονται άμεσα με την εμπορική εικόνα και την εμπειρία του τελικού χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές στο σχεδιασμό, οι αναβαθμίσεις υλικών ή οι διαφοροποιήσεις προδιαγραφών μπορούν να δημιουργήσουν τόσο οικονομικές όσο και χρονικές επιπτώσεις. Για τον λόγο αυτό, η εργασία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη κατηγορία απαιτεί αυστηρό έλεγχο αλλαγών (change control) και έγκαιρη οριστικοποίηση της μελέτης (design freeze).

Η ανάλυση κόστους έδειξε επίσης ότι η αποτελεσματική διαχείριση δεν προϋποθέτει ισότιμη παρακολούθηση όλων των γραμμών του προϋπολογισμού. Αντίθετα, απαιτείται στοχευμένη παρακολούθηση των κατηγοριών με τη μεγαλύτερη βαρύτητα και μεταβλητότητα. Η λογική αυτή συνδέεται με την αρχή Pareto, σύμφωνα με την οποία μικρός αριθμός παραγόντων μπορεί να παράγει μεγάλο μέρος της συνολικής επίδρασης.

Συμπερασματικά, η ανάλυση κόστους κατέδειξε ότι η οικονομική ευαισθησία του έργου συγκεντρώνεται κυρίως σε συγκεκριμένες κατηγορίες: Σκυροδέματα, Θερμανση/Αερισμός/Κλιματισμός, τελειώματα/ αρχιτεκτονικά τελειώματα/ εργασίες

αποπεράτωσης, ειδικές κατασκευές και απρόβλεπτα (**Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction** και **Contingency**). Η διοίκηση του έργου πρέπει να δώσει ιδιαίτερη έμφαση στον έλεγχο αυτών των κατηγοριών, καθώς η αποτελεσματική παρακολούθησή τους μπορεί να περιορίσει σημαντικά τον κίνδυνο υπέρβασης του προϋπολογισμού.

6.4 Κύρια Συμπεράσματα από την Ανάλυση Χρόνου

Η ανάλυση χρόνου ανέδειξε ότι η χρονική διάσταση αποτελεί ίσως τον πιο ευαίσθητο παράγοντα του έργου. Το εγκεκριμένο αρχικό χρονοδιάγραμμα (baseline χρονοδιάγραμμα) προβλέπει συνολική διάρκεια **606 ημερών**, η οποία αποτέλεσε τη βάση για την ανάλυση σεναρίων καθυστέρησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ακόμη και σχετικά περιορισμένες χρονικές αποκλίσεις μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική αύξηση της συνολικής διάρκειας, ιδίως όταν επηρεάζουν δραστηριότητες που βρίσκονται στην κρίσιμη ή σχεδόν κρίσιμη διαδρομή.

Η καθυστέρηση προμηθειών κατά **30 ημέρες** οδηγεί σε νέα διάρκεια **636 ημερών**, δηλαδή σε αύξηση περίπου **4,95%**. Το σενάριο αυτό είναι ιδιαίτερα ρεαλιστικό σε ένα έργο νησιωτικού χαρακτήρα, όπου οι μεταφορές, οι παραδόσεις εξοπλισμού και οι χρόνοι εφοδιαστικής αλυσίδας παίζουν σημαντικό ρόλο. Η ανάλυση έδειξε ότι οι καθυστερήσεις προμηθειών δεν επηρεάζουν μόνο τη συγκεκριμένη δραστηριότητα στην οποία ανήκουν, αλλά μπορούν να δημιουργήσουν αλυσιδωτές επιπτώσεις σε επόμενες φάσεις.

Ακόμη πιο κρίσιμη αποδείχθηκε η μεταβλητή της παραγωγικότητας. Η μείωση παραγωγικότητας κατά 10% οδηγεί σε σημαντική αύξηση διάρκειας, η οποία μπορεί να προσεγγίσει τις **666–673 ημέρες**, ανάλογα με τον βαθμό απορρόφησης μέσω float (Δηλαδή είναι ο χρόνος που μπορεί να καθυστερήσει μια δραστηριότητα **χωρίς να καθυστερήσει το συνολικό έργο**) και επικαλύψεων δραστηριοτήτων. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η παραγωγικότητα έχει συστημική επίδραση. Δεν επηρεάζει μόνο μία δραστηριότητα, αλλά μεγάλο μέρος του έργου, καθώς διαχέεται σε πολλές φάσεις και επηρεάζει τη συνολική ροή εκτέλεσης.

Το δυσμενές συνδυασμένο σενάριο, στο οποίο συνυπάρχουν καθυστέρηση προμηθειών, μείωση παραγωγικότητας και πρόσθετες εξωτερικές διαταραχές, οδηγεί σε διάρκεια **711 ημερών**. Η αύξηση αυτή αντιστοιχεί σε **17,33%** σε σχέση με το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Το εύρημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι δείχνει ότι οι

καθυστερήσεις δεν λειτουργούν απλώς προσθετικά. Αντίθετα, όταν συνδυάζονται, μπορούν να δημιουργήσουν συστημική επιβάρυνση του χρονοδιαγράμματος.

Η εργασία ανέδειξε επίσης την έννοια της δυναμικής κρίσιμης διαδρομής. Σε σύνθετα έργα, η κρίσιμη διαδρομή δεν είναι στατική. Δραστηριότητες που αρχικά διαθέτουν float μπορεί να μετατραπούν σε κρίσιμες εάν καθυστερήσουν ή εάν οι προηγούμενες δραστηριότητες μετακινηθούν. Συνεπώς, η διοίκηση έργου δεν πρέπει να παρακολουθεί μόνο την αρχική κρίσιμη διαδρομή, αλλά και τις σχεδόν κρίσιμες δραστηριότητες (near-critical activities).

Ένα ακόμη σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι ο χρόνος έχει άμεση οικονομική σημασία. Με βάση τον συνολικό προϋπολογισμό και τη διάρκεια του έργου, εκτιμήθηκε ένας μέσος ημερήσιος δείκτης κόστους περίπου **72.227,56 € ανά ημέρα**. Αν και ο δείκτης αυτός δεν ισοδυναμεί με πραγματικό ημερήσιο πρόσθετο κόστος, προσφέρει μια ισχυρή ένδειξη της οικονομικής βαρύτητας του χρόνου. Καθυστέρηση **105 ημερών** αντιστοιχεί θεωρητικά σε οικονομική βαρύτητα περίπου **7,58 εκατ. €**.

Συμπερασματικά, η ανάλυση χρόνου κατέδειξε ότι το έργο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε καθυστερήσεις, ιδίως όταν αυτές συνδυάζονται με απώλεια παραγωγικότητας. Η χρονική απόκλιση μπορεί να δημιουργήσει πολύ σοβαρότερες δευτερογενείς συνέπειες από μια μεμονωμένη αύξηση κόστους. Για τον λόγο αυτό, η διοίκηση πρέπει να εφαρμόζει συστηματικό έλεγχο χρονοδιαγράμματος, βραχυπρόθεσμου προγραμματισμού επόμενων εργασιών (schedule control, look-ahead planning), παρακολούθηση SPI και ενεργή διαχείριση προμηθειών.

6.5 Συμπεράσματα για Παραγωγικότητα και Ανθρώπινους Πόρους

Η παραγωγικότητα και η διαχείριση ανθρώπινων πόρων αποτέλεσαν κεντρική διάσταση της εργασίας, διότι λειτουργούν ως συνδετικός κρίκος μεταξύ κόστους και χρόνου. Η μέση στελέχωση του έργου εκτιμήθηκε περίπου στους **180 εργαζομένους**, ενώ η συνολική θεωρητική απαίτηση εργασίας υπολογίστηκε σε περίπου **109.080 ανθρωποημέρες**.

Ο υπολογισμός αυτός προκύπτει από τη σχέση:

$$\text{Ανθρωποημέρες} = \text{Αριθμός εργαζομένων} \times \text{Διάρκεια εργασίας} \quad (\text{σχέση 6.1})$$

και συγκεκριμένα:

$$\text{Ανθρωποημέρες} = 180 \times 606 = 109.080 \quad (\text{σχέση 6.2})$$

Το μέγεθος αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, διότι μετατρέπει το ανθρώπινο δυναμικό σε μετρήσιμο παραγωγικό μέγεθος. Δεν αρκεί να γνωρίζει η διοίκηση πόσοι εργαζόμενοι βρίσκονται στο εργοτάξιο. Πρέπει να γνωρίζει πόση πραγματική πρόοδο παράγουν οι διαθέσιμοι πόροι.

Η ανάλυση έδειξε ότι μείωση παραγωγικότητας κατά **5%** αυξάνει τη θεωρητική διάρκεια σε περίπου **638 ημέρες**, μείωση κατά **10%** την αυξάνει σε περίπου **673 ημέρες**, ενώ μείωση κατά **15%** την αυξάνει σε περίπου **713 ημέρες**. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η παραγωγικότητα δεν είναι δευτερεύουσα μεταβλητή. Αντίθετα, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες του έργου.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η παρατήρηση ότι η αύξηση του αριθμού εργαζομένων δεν οδηγεί απαραίτητα σε αναλογική μείωση της διάρκειας. Σε πραγματικά εργοτάξια, η υπερβολική αύξηση προσωπικού μπορεί να δημιουργήσει συμφόρηση, συγκρούσεις μεταξύ συνεργείων, αναμονές, προβλήματα πρόσβασης και ανάγκη αυξημένης επίβλεψης. Το φαινόμενο αυτό αποδεικνύει ότι η παραγωγικότητα δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα των πόρων, αλλά και από την ποιότητα της οργάνωσης.

Η εργασία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η παραγωγικότητα πρέπει να παρακολουθείται μέσω ειδικών δεικτών. Ένας από αυτούς είναι ο δείκτης **Labour Efficiency** (Δείκτης Αποδοτικότητας Εργασίας), ο οποίος εκφράζεται ως:

$$\text{Αποδοτικότητα Εργασίας} = \frac{\text{Προγραμματισμένες Ανθρωποημέρες}}{\text{Πραγμ. Ανθρωποημέρες}}$$

ή

$$(\text{Labour Efficiency} = \text{Planned Person-Days} / \text{Actual Person-Days}) \quad (\text{σχέση 6.3})$$

Ο δείκτης αυτός επιτρέπει στη διοίκηση να αξιολογεί αν το έργο παράγει την αναμενόμενη πρόοδο με τους προβλεπόμενους πόρους. Τιμή κάτω από τη μονάδα υποδηλώνει απώλεια αποδοτικότητας και ανάγκη διοικητικής παρέμβασης.

Η ανάλυση της παραγωγικότητας ανέδειξε επίσης τη σημασία της εργοταξιακής οργάνωσης. Η σωστή ζωνοποίηση του εργοταξίου, η διαθεσιμότητα υλικών, η

επαρκής επίβλεψη, η αποφυγή επαναλαμβανομένων εργασιών (reworks), η καθαρότητα των μετώπων εργασίας και ο σωστός συντονισμός συνεργείων είναι παράγοντες που μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά την απόδοση χωρίς απαραίτητα να αυξήσουν σημαντικά το κόστος.

Συμπερασματικά, η παραγωγικότητα αποτελεί στρατηγική μεταβλητή και όχι απλή τεχνική παραδοχή. Η αποτελεσματική διαχείρισή της μπορεί να περιορίσει καθυστερήσεις, να μειώσει έμμεσα κόστη, να προστατεύσει το χρονοδιάγραμμα και να βελτιώσει τη συνολική απόδοση του έργου. Για τον λόγο αυτό, η παρακολούθηση της παραγωγικότητας πρέπει να ενταχθεί στον πυρήνα του συστήματος ελέγχου του έργου (Project controls).

6.6 Διοικητικές Προτάσεις, Περιορισμοί της Μελέτης και Τελικό Συμπέρασμα

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προκύπτει ότι η επιτυχής διοίκηση ενός σύνθετου έργου τουριστικής ανάπτυξης, δεν μπορεί να βασιστεί αποκλειστικά σε έναν αρχικό προϋπολογισμό ή σε ένα στατικό χρονοδιάγραμμα. Αντίθετα, απαιτείται ένα ολοκληρωμένο και δυναμικό σύστημα διοίκησης, το οποίο να παρακολουθεί ταυτόχρονα το κόστος, τον χρόνο, την παραγωγικότητα, τις προμήθειες, το απρόβλεπτα και τους βασικούς κινδύνους του έργου.

Η βασική διοικητική πρόταση που προκύπτει από την εργασία είναι η υιοθέτηση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου ελέγχου (**Project controls**), το οποίο να λειτουργεί προληπτικά και όχι μόνο απολογιστικά. Η παραδοσιακή προσέγγιση, κατά την οποία οι αποκλίσεις εντοπίζονται αφού έχουν ήδη συμβεί, δεν επαρκεί για έργα τέτοιας κλίμακας. Αντίθετα, απαιτείται ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, το οποίο να εντοπίζει αρνητικές τάσεις πριν αυτές εξελιχθούν σε σοβαρές αποκλίσεις.

Σε επίπεδο κόστους, η διοίκηση πρέπει να εστιάσει στις κατηγορίες που αναδείχθηκαν ως ισχυρότεροι παράγοντες (cost drivers). Οι κατηγορίες Σκυροδέματα, Θέρμανση/Αερισμός/Κλιματισμός, τελειώματα/ αρχιτεκτονικά τελειώματα/ εργασίες αποπεράτωσης, ειδικές κατασκευές και απρόβλεπτα (**Concrete, HVAC, Finishes, Special Construction και Contingency**) απαιτούν αυξημένη παρακολούθηση, καθώς μικρές ποσοστιαίες μεταβολές σε αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική

επίδραση στο συνολικό budget. Η στρατηγική ελέγχου κόστους πρέπει να περιλαμβάνει έγκαιρο κλείδωμα τιμών, παρακολούθηση δεσμεύσεων, αυστηρό change control(έλεγχος αλλαγών), value engineering(βελτιστοποίηση αξίας) και συστηματική αναθεώρηση των απροβλέπτων(contingency).

Ιδιαίτερα για την κατηγορία **HVAC / MEP**, η διοίκηση πρέπει να εφαρμόσει στρατηγική πρώιμης προμήθειας υλικών και εξοπλισμού (early procurement strategy), καθώς η συγκεκριμένη κατηγορία επηρεάζει ταυτόχρονα κόστος, χρόνο και commissioning. Καθυστερήσεις σε Η/Μ εξοπλισμό μπορούν να μεταφερθούν στις τελικές φάσεις του έργου, όπου τα χρονικά περιθώρια είναι περιορισμένα. Επομένως, η διαχείριση των Η/Μ προμηθειών δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως τυπική αγοραστική διαδικασία, αλλά ως κρίσιμο στοιχείο στρατηγικού ελέγχου του έργου.

Σε επίπεδο χρόνου, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το έργο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε καθυστερήσεις. Για τον λόγο αυτό, η διοίκηση πρέπει να εφαρμόσει συστηματικό **schedule control** (παρακολούθηση και έλεγχος του χρονοδιαγράμματος του έργου), με εβδομαδιαία αναθεώρηση του χρονοδιαγράμματος, παρακολούθηση κρίσιμης και σχεδόν κρίσιμης διαδρομής, χρήση πλάνου επόμενων εβδομάδων (τεσσάρων έως έξι εβδομάδων) και παρακολούθηση δεικτών όπως ο **SPI**. Η διοίκηση δεν πρέπει να εστιάζει μόνο στο αν μια δραστηριότητα έχει καθυστερήσει, αλλά και στο αν η καθυστέρηση αυτή έχει τη δυνατότητα να μεταδοθεί σε επόμενες φάσεις.

Η ανάλυση χρόνου έδειξε επίσης ότι οι καθυστερήσεις δεν λειτουργούν πάντα γραμμικά. Μια καθυστέρηση προμηθειών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση παραγωγικότητας, η μειωμένη παραγωγικότητα μπορεί να οδηγήσει σε παράταση διάρκειας, και η παράταση διάρκειας μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση κόστους και πίεση στη χρηματοδότηση. Συνεπώς, η διοίκηση πρέπει να αντιμετωπίζει τις καθυστερήσεις ως πιθανές αλυσιδωτές επιδράσεις και όχι ως μεμονωμένα γεγονότα.

Σε επίπεδο παραγωγικότητας, η εργασία κατέδειξε ότι ο αριθμός εργαζομένων δεν είναι από μόνος του επαρκής δείκτης απόδοσης. Η ύπαρξη μέσης στελέχωσης περίπου **180 εργαζομένων** έχει αξία μόνο εφόσον οι εργαζόμενοι αυτοί αξιοποιούνται παραγωγικά. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται η συστηματική παρακολούθηση του δείκτη **Labour Efficiency**, καθώς και η καταγραφή πραγματικών ανθρωποημερών, ημερήσιων αναφορών, ημερολογίων παραγωγικότητας και εβδομαδιαίων αποκλίσεων.

Η διοίκηση πρέπει να δώσει ιδιαίτερη έμφαση στη σωστή εργοταξιακή οργάνωση. Η αύξηση προσωπικού δεν οδηγεί απαραίτητα σε επιτάχυνση, εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα μέτωπα εργασίας, επαρκής επίβλεψη, υλικά, εξοπλισμός και καθαρή αλληλουχία δραστηριοτήτων. Αντίθετα, υπερβολική συγκέντρωση συνεργείων μπορεί να προκαλέσει συμφόρηση και να μειώσει την πραγματική παραγωγικότητα. Επομένως, η βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας πρέπει να βασιστεί στον σωστό συνδυασμό πόρων, χώρου, σειράς εκτέλεσης εργασιών και καθημερινής επίβλεψης.

Ένα ακόμη κρίσιμο συμπέρασμα αφορά τη διαχείριση προμηθειών. Η εργασία ανέδειξε ότι οι προμήθειες αποτελούν σημείο σύνδεσης μεταξύ κόστους και χρόνου. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται η χρήση ενός αναλυτικού Μητρώο κινδύνων προμηθειών (**procurement risk log**), στο οποίο να καταγράφονται κρίσιμες ημερομηνίες υποβολών, εγκρίσεων, παραγγελιών, παραγωγής, μεταφοράς και παράδοσης στο εργοτάξιο. Η παρακολούθηση αυτή πρέπει να συνδέεται άμεσα με το χρονοδιάγραμμα, ώστε να εντοπίζονται έγκαιρα πιθανές καθυστερήσεις που μπορούν να επηρεάσουν την κρίσιμη διαδρομή.

Συνολικά, οι βασικές πρακτικές προτάσεις της εργασίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Πεδίο	Πρόταση
Κόστος	Στενυμένος έλεγχος κόστους σε εργασίες σκυροδέματος, θέρμανσης-αερισμού-κλιματισμού, τελειώματα και απρόβλεπτα.
Χρόνος	Εβδομαδιαίος έλεγχος χρονοδιαγράμματος και παρακολούθηση της κρίσιμης διαδρομής.
Παραγωγικότητα	Χρήση δείκτη αποδοτικότητας εργασίας και πινάκων παρακολούθησης παραγωγικότητας.
Προμήθειες	Μητρώο κινδύνων προμηθειών και έγκαιρες προμήθειες για κρίσιμα πακέτα.
Κίνδυνος	Μητρώο κινδύνων και δείκτες έγκαιρης προειδοποίησης.

Πεδίο	Πρόταση
Contingency(Απρόβλεπτα)	Παρακολούθηση του ρυθμού κατανάλωσης απροβλέπτων.
Διοίκηση	Ενοποιημένο πλαίσιο ελέγχου έργου.

Παρά τη χρησιμότητα των αποτελεσμάτων, η παρούσα μελέτη έχει ορισμένους περιορισμούς. Ο πρώτος περιορισμός αφορά το γεγονός ότι η ανάλυση βασίστηκε σε διαθέσιμα δεδομένα προϋπολογισμού και χρονοδιαγράμματος, χωρίς πλήρη πρόσβαση σε όλα τα καθημερινά απολογιστικά στοιχεία του εργοταξίου. Επομένως, ορισμένοι υπολογισμοί, όπως οι ανθρωποημέρες, η παραγωγικότητα και η οικονομική επίπτωση καθυστερήσεων, έχουν χαρακτήρα αναλυτικής εκτίμησης και όχι πλήρους απολογιστικής καταγραφής.

Ο δεύτερος περιορισμός αφορά τη χρήση σεναρίων. Τα σενάρια Best Case, Base Case και Worst Case (Καλύτερο Σενάριο, Βασικό Σενάριο και Χειρότερο Σενάριο) δεν αποτελούν προβλέψεις με πιθανότητες εμφάνισης, αλλά εργαλεία διερεύνησης πιθανών αποκλίσεων. Η αξία τους βρίσκεται στη σύγκριση και στην κατανόηση της ευαισθησίας του έργου, όχι στην ακριβή πρόβλεψη του τελικού αποτελέσματος.

Ο τρίτος περιορισμός αφορά τη μη χρήση προχωρημένων στοχαστικών μεθόδων, όπως Monte Carlo simulation. Η εργασία βασίστηκε κυρίως σε Ντετερμινιστική ανάλυση ευαισθησίας(δηλ. Εξετάζει πώς αλλάζει το αποτέλεσμα όταν μεταβάλλεται μία συγκεκριμένη παράμετρος κάθε φορά) και ανάλυση σεναρίων, ώστε τα αποτελέσματα να είναι κατανοητά, εφαρμόσιμα και συμβατά με τα διαθέσιμα εργαλεία, κυρίως το **Microsoft Excel** και το **Microsoft Project**. Παρόλα αυτά, η μελλοντική εφαρμογή Monte Carlo θα μπορούσε να ενισχύσει ακόμη περισσότερο τη στατιστική τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων.

Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επεκτείνει την παρούσα μελέτη σε τρεις βασικές κατευθύνσεις. Πρώτον, θα μπορούσε να εφαρμοστεί πιθανοτική ανάλυση κινδύνου, ώστε να εκτιμηθούν πιθανότητες ολοκλήρωσης του έργου σε συγκεκριμένες ημερομηνίες ή εντός συγκεκριμένου budget. Δεύτερον, θα μπορούσε να ενσωματωθεί πλήρες μοντέλο **Earned Value Management**, με πραγματικά δεδομένα EV, PV και

ΑC ανά μήνα, ώστε να παρακολουθείται η εξέλιξη του έργου σε πραγματικό χρόνο. Τρίτον, θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένας ολοκληρωμένος πίνακας παρακολούθησης των δεικτών της διοίκησης έργου, ο οποίος να συνδυάζει κόστος, χρόνο, παραγωγικότητα, προμήθειες και δείκτες κινδύνου σε ένα ενιαίο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων.

Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε επίσης να εξετάσει συγκριτικά περισσότερα έργα τουριστικής ανάπτυξης, ώστε να διαπιστωθεί αν τα ευρήματα της παρούσας εργασίας ισχύουν γενικότερα ή αν συνδέονται ειδικά με τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου έργου. Μια τέτοια συγκριτική προσέγγιση θα μπορούσε να οδηγήσει στη δημιουργία γενικότερων προτύπων ευαισθησίας για resort projects σε νησιωτικές ή τουριστικά εξαρτημένες περιοχές.

Μελλοντική επέκταση της εργασίας θα μπορούσε να περιλαμβάνει τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού όπως το @RISK, ώστε να πραγματοποιηθεί πιθανοτική ανάλυση κινδύνου και προσομοίωση Monte Carlo. Με τον τρόπο αυτό, οι κρίσιμες μεταβλητές κόστους, χρόνου και παραγωγικότητας θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν με κατανομές πιθανότητας και να εκτιμηθούν δείκτες όπως η πιθανότητα υπέρβασης του προϋπολογισμού, η πιθανότητα καθυστέρησης και οι ημερομηνίες ολοκλήρωσης σε επίπεδα εμπιστοσύνης P80 ή P90.

Τελικό Συμπέρασμα

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέδειξε ότι η διοίκηση ενός σύνθετου κατασκευαστικού έργου δεν μπορεί να βασιστεί σε αποσπασματική παρακολούθηση κόστους ή χρόνου. Αντίθετα, απαιτείται ολοκληρωμένη κατανόηση των σχέσεων μεταξύ προϋπολογισμού, χρονοδιαγράμματος, παραγωγικότητας, ανθρώπινων πόρων, προμηθειών και κινδύνου. Το έργο αυτό αποτέλεσε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα έργου μεγάλης κλίμακας, στο οποίο οι μεταβλητές αυτές αλληλεπιδρούν δυναμικά και επηρεάζουν τη συνολική επιτυχία της επένδυσης.

Η ανάλυση κόστους έδειξε ότι ο οικονομικός κίνδυνος συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένες κατηγορίες υψηλής αξίας, όπως **Concrete**, **HVAC**, **Finishes**, **Special Construction** και **Contingency**. Η ανάλυση χρόνου έδειξε ότι το έργο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε καθυστερήσεις, ειδικά όταν αυτές συνδυάζονται με μείωση παραγωγικότητας και διαταραχές προμηθειών. Η ανάλυση ανθρώπινων πόρων έδειξε

ότι η παραγωγικότητα αποτελεί βασικό συνδετικό παράγοντα μεταξύ κόστους και χρόνου. Η σεναριακή ανάλυση έδειξε ότι η απόκλιση μεταξύ καλύτερου και χειρότερου σεναρίου (Best Case και Worst Case) μπορεί να φτάσει τα **2.159.504,30 €** σε κόστος και τις **126 ημέρες** σε διάρκεια.

Το σημαντικότερο εύρημα της εργασίας είναι ότι η χρονική διάσταση εμφανίζεται ως ο ισχυρότερος παράγοντας συστημικής ευαισθησίας. Στο Worst Case (χειρότερο σεάριο), η αύξηση κόστους ανέρχεται σε **3,93%**, ενώ η αύξηση διάρκειας ανέρχεται σε **17,33%**. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι, για ένα resort project, η καθυστέρηση μπορεί να έχει πολύ ευρύτερες συνέπειες από την άμεση υπέρβαση κόστους, καθώς επηρεάζει τη λειτουργική έναρξη, την τουριστική περίοδο και τη συνολική απόδοση της επένδυσης.

Η εργασία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αποτελεσματική διοίκηση του έργου απαιτεί ένα δυναμικό και ενοποιημένο πλαίσιο ελέγχου. Το πλαίσιο αυτό πρέπει να περιλαμβάνει παρακολούθηση κόστους, χρόνου, παραγωγικότητας, προμηθειών, contingency και κινδύνων. Η αξία της ανάλυσης ευαισθησίας έγκειται ακριβώς στο ότι επιτρέπει στη διοίκηση να εντοπίζει τους κρίσιμους παραγοντες, να αξιολογεί εναλλακτικά σενάρια και να παρεμβαίνει πριν οι αποκλίσεις εξελιχθούν σε μη διαχειρίσιμες καταστάσεις.

Συνολικά, η παρούσα εργασία επιβεβαιώνει ότι η επιτυχία ενός μεγάλου κατασκευαστικού έργου δεν εξαρτάται μόνο από τον αρχικό σχεδιασμό, αλλά από τη συνεχή ικανότητα της διοίκησης να παρακολουθεί, να αναλύει, να προβλέπει και να προσαρμόζεται. Η ανάλυση ευαισθησίας, όταν εφαρμόζεται με πραγματικά δεδομένα και συνδέεται με πρακτικά εργαλεία διοίκησης, μπορεί να αποτελέσει ουσιαστικό μηχανισμό υποστήριξης αποφάσεων και να συμβάλει καθοριστικά στην επιτυχή ολοκλήρωση του έργου.

Βιβλιογραφία

Διοίκηση Έργων και Project Management

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.

Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). Project Management Institute.

International Organization for Standardization. (2020). *ISO 21502:2020 – Project, programme and portfolio management: Guidance on project management*. ISO.

Kerzner, H. (2022). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (13th ed.). Wiley.

Meredith, J. R., Shafer, S. M., & Mantel, S. J. (2021). *Project management: A strategic managerial approach* (11th ed.). Wiley.

Turner, J. R. (2014). *The handbook of project-based management: Leading strategic change in organizations* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Nicholas, J. M., & Steyn, H. (2020). *Project management for engineering, business and technology* (6th ed.). Routledge.

Construction Project Management

Hendrickson, C. (2008). *Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects, and builders*. Carnegie Mellon University.

Halpin, D. W., & Senior, B. A. (2011). *Construction management* (4th ed.). Wiley.

Gould, F. E., & Joyce, N. E. (2014). *Construction project management* (4th ed.). Pearson.

Walker, A. (2015). *Project management in construction* (6th ed.). Wiley-Blackwell.

Winch, G. M. (2010). *Managing construction projects* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Fewings, P., & Henjewe, C. (2019). *Construction project management: An integrated approach* (3rd ed.). Routledge.

Cooke, B., & Williams, P. (2013). *Construction planning, programming and control* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.

Cost Management και Προϋπολογισμός Έργου

AACE International. (2019). *Total cost management framework: An integrated approach to portfolio, program, and project management*. AACE International.

AACE International. (2020). *Recommended Practice No. 18R-97: Cost estimate classification system – As applied in engineering, procurement, and construction for the process industries*. AACE International.

Potts, K., & Ankrah, N. (2014). *Construction cost management: Learning from case studies* (2nd ed.). Routledge.

Ashworth, A., & Perera, S. (2015). *Cost studies of buildings* (6th ed.). Routledge.

Brook, M. (2016). *Estimating and tendering for construction work* (5th ed.). Routledge.

Ostwald, P. F., & McLaren, T. S. (2004). *Cost analysis and estimating for engineering and management*. Pearson.

Scheduling, Χρονοπρογραμματισμός και CPM

Kelley, J. E., & Walker, M. R. (1959). Critical-path planning and scheduling. *Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference*, 160–173.

Moder, J. J., Phillips, C. R., & Davis, E. W. (1983). *Project management with CPM, PERT and precedence diagramming* (3rd ed.). Van Nostrand Reinhold.

Callahan, M. T., Quackenbush, D. G., & Rowings, J. E. (1992). *Construction project scheduling*. McGraw-Hill.

Mubarak, S. (2019). *Construction project scheduling and control* (4th ed.). Wiley.

Kim, K., & de la Garza, J. M. (2005). Evaluation of the resource-constrained critical path method algorithms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(5), 522–532.

Earned Value Management και Project Controls

Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2016). *Earned value project management* (4th ed.). Project Management Institute.

Project Management Institute. (2019). *Practice standard for earned value management* (2nd ed.). Project Management Institute.

Christensen, D. S. (1998). The costs and benefits of the earned value management process. *Acquisition Review Quarterly*, 5(4), 373–386.

Anbari, F. T. (2003). Earned value project management method and extensions. *Project Management Journal*, 34(4), 12–23.

Vanhoucke, M. (2010). *Measuring time: Improving project performance using earned value management*. Springer.

Vanhoucke, M. (2014). *Integrated project management and control: First comes the theory, then the practice*. Springer.

Risk Management και Ανάλυση Ευαισθησίας

Hillson, D. (2014). *Managing overall project risk*. Routledge.

Chapman, C., & Ward, S. (2011). *How to manage project opportunity and risk: Why uncertainty management can be a much better approach than risk management* (3rd ed.). Wiley.

Vose, D. (2008). *Risk analysis: A quantitative guide* (3rd ed.). Wiley.

Flanagan, R., & Norman, G. (1993). *Risk management and construction*. Blackwell Science.

Smith, N. J., Merna, T., & Jobling, P. (2014). *Managing risk in construction projects* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.

Saltelli, A., Tarantola, S., Campolongo, F., & Ratto, M. (2004). *Sensitivity analysis in practice: A guide to assessing scientific models*. Wiley.

Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., Saisana, M., & Tarantola, S. (2008). *Global sensitivity analysis: The primer*. Wiley.

Pannell, D. J. (1997). Sensitivity analysis of normative economic models: Theoretical framework and practical strategies. *Agricultural Economics*, 16(2), 139–152.

Παραγωγικότητα, Ανθρώπινοι Πόροι και Εργοταξιακή Απόδοση

Thomas, H. R., & Napolitan, C. L. (1995). Quantitative effects of construction changes on labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 121(3), 290–296.

Thomas, H. R., & Završki, I. (1999). Construction baseline productivity: Theory and practice. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(5), 295–303.

Hanna, A. S., Taylor, C. S., & Sullivan, K. T. (2005). Impact of extended overtime on construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(6), 734–739.

Hanna, A. S., Chang, C. K., Sullivan, K. T., & Lackney, J. A. (2008). Impact of shift work on labor productivity for labor intensive contractor. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(3), 197–204.

Ibbs, W. (2005). Impact of change's timing on labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(11), 1219–1223.

Jarkas, A. M., & Bitar, C. G. (2012). Factors affecting construction labor productivity in Kuwait. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(7), 811–820.

Procurement, Supply Chain και Lean Construction

Vrijhoef, R., & Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6(3–4), 169–178.

Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management* (5th ed.). Pearson.

Cox, A., Ireland, P., & Townsend, M. (2006). *Managing in construction supply chains and markets*. Thomas Telford.

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering.

Ballard, G., & Howell, G. (1998). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 11–17.

Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.

Ballard, G. (2000). *The last planner system of production control*. University of Birmingham.

Howell, G. A. (1999). What is lean construction? *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.

Resort Development και Ξενοδοχειακά Έργα

Ransley, J., & Ingram, H. (2004). *Developing hospitality properties and facilities*. Butterworth-Heinemann.

Penner, R. H., Adams, L., & Robson, S. K. A. (2013). *Hotel design, planning and development* (2nd ed.). Routledge.

Lawson, F. (1995). *Hotels and resorts: Planning, design and refurbishment*. Butterworth Architecture.

Gee, C. Y. (1996). *Resort development and management*. Educational Institute of the American Hotel & Motel Association.

Rutes, W. A., Penner, R. H., & Adams, L. (2001). *Hotel design, planning, and development*. W. W. Norton.

Μεθοδολογία Έρευνας

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (8th ed.). Pearson.

Επιπλέον Βιβλιογραφία

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling. Wiley.

Flyvbjerg, B. (2014). What you should know about megaprojects. Project Management Journal, 45(2), 6–19.

Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling. Wiley.

Lock, D. (2020). Project management. Routledge.

Project Management Institute (PMI). (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) (7th ed.).

Κατάλογος Συντομογραφιών

Συντομογραφία	Πλήρης Όρος	Επεξήγηση
AC	Actual Cost	Πραγματικό κόστος που έχει πραγματοποιηθεί για τις εργασίες του έργου.
BIM	Building Information Modeling	Ψηφιακή μοντελοποίηση κτιριακών πληροφοριών για σχεδιασμό, συντονισμό και διαχείριση έργων.
BOQ	Bill of Quantities	Αναλυτικός πίνακας ποσοτήτων και εργασιών ενός έργου.
CAR	Contractors' All Risks Insurance	Ασφάλιση εργοταξίου και κατασκευαστικών κινδύνων.
CPI	Cost Performance Index	Δείκτης απόδοσης κόστους στο Earned Value Management.
CPM	Critical Path Method	Μέθοδος κρίσιμης διαδρομής για τον χρονικό προγραμματισμό έργων.
D	Division / Category	Κωδικός πρωτογενούς κατηγορίας κόστους στον προϋπολογισμό του έργου.
EAC	Estimate at Completion	Εκτίμηση τελικού κόστους κατά την ολοκλήρωση του έργου.
EV	Earned Value	Δεδουλευμένη αξία εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί.
EVM	Earned Value Management	Μέθοδος ολοκληρωμένης παρακολούθησης κόστους και χρόνου έργου.
FF&E	Furniture, Fixtures & Equipment	Έπιπλα, σταθερός εξοπλισμός και λοιπός εξοπλισμός ξενοδοχειακών χώρων.
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning	Συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού.
IRR	Internal Rate of Return	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Συντομογραφία	Πλήρης Όρος	Επεξήγηση
		επένδυσης.
KPI	Key Performance Indicator	Βασικός δείκτης απόδοσης για την παρακολούθηση έργου.
LCCA	Life Cycle Cost Analysis	Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής έργου.
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing	Μηχανολογικές, ηλεκτρολογικές και υδραυλικές εγκαταστάσεις.
MS Project	Microsoft Project	Λογισμικό χρονικού προγραμματισμού και παρακολούθησης έργων.
NPV	Net Present Value	Καθαρή παρούσα αξία επένδυσης.
PERT	Program Evaluation and Review Technique	Στοχαστική μέθοδος προγραμματισμού έργων με εκτιμήσεις διάρκειας.
PMI	Project Management Institute	Διεθνής οργανισμός ανάπτυξης προτύπων διοίκησης έργων.
PMBOK	Project Management Body of Knowledge	Οδηγός γνώσεων και πρακτικών διοίκησης έργων του PMI.
PV	Planned Value	Προγραμματισμένη αξία εργασιών σύμφωνα με το baseline.
QA	Quality Assurance	Διασφάλιση ποιότητας.
QC	Quality Control	Έλεγχος ποιότητας.
RFI	Request for Information	Επίσημο αίτημα διευκρίνισης κατά τη διάρκεια του έργου.
SDI	Scenario Deviation Index	Σύνθετος δείκτης απόκλισης σεναρίου, που συνδυάζει κόστος και χρόνο.
SPI	Schedule Performance Index	Δείκτης χρονικής απόδοσης στο Earned Value Management.
TUV	Technischer Überwachungsverein	Οργανισμός τεχνικής επιθεώρησης και πιστοποίησης.
WBS	Work Breakdown	Δομή ανάλυσης εργασιών του έργου σε

Συντομογραφία	Πλήρης Όρος	Επεξήγηση
	Structure	επιμέρους πακέτα.

Κατάλογος Αγγλικών Όρων με Ελληνική Απόδοση

Αγγλικός όρος	Ελληνική απόδοση
Actual Cost (AC)	Πραγματικό κόστος
Bank Expenses	Τραπεζικά έξοδα
Base Case	Σενάριο βάσης
Baseline Duration	Βασική / αρχική διάρκεια αναφοράς
Best Case	Βέλτιστο σενάριο
Bill of Quantities (BOQ)	Πίνακας ποσοτήτων
BIM (Building Information Modeling)	Μοντελοποίηση κτιριακών πληροφοριών
Budget Net	Καθαρός προϋπολογισμός
CAR Insurance	Ασφάλιση έργου κατά παντός κινδύνου
Cash Flow	Ταμειακή ροή
Change Control	Έλεγχος μεταβολών
Commissioning	Θέση σε λειτουργία / δοκιμές και παραλαβή συστημάτων
Commitment Log	Μητρώο δεσμεύσεων
Concrete	Σκυρόδεμα / εργασίες σκυροδέματος
Contingency	Απρόβλεπτα / αποθεματικό κινδύνων
Contingency Burn Rate	Ρυθμός απορρόφησης απροβλέπτων
Cost Driver	Παράγοντας κόστους
Cost Report	Έκθεση κόστους
Cost Risk	Κίνδυνος κόστους
Cost Sensitivity	Ευαισθησία κόστους
Cost-Time Deviation Map	Χάρτης απόκλισης κόστους-χρόνου
Critical Path	Κρίσιμη διαδρομή
Critical Path Review	Ανασκόπηση κρίσιμης διαδρομής
Dashboard	Πίνακας παρακολούθησης / πίνακας ελέγχου
Daily Reports	Ημερήσιες αναφορές
Delivery Milestones	Ορόσημα παραδόσεων
Design	Μελέτη / σχεδιασμός
Development Fee	Αμοιβή ανάπτυξης / αμοιβή διαχείρισης ανάπτυξης
Drywall Crews	Συνεργεία γυψοσανίδων / ξηράς δόμησης
Earned Value (EV)	Δεδουλευμένη αξία
Earned Value Management (EVM)	Διαχείριση δεδουλευμένης αξίας
Early Procurement	Έγκαιρη προμήθεια
Electrical	Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις
Electricians	Ηλεκτρολόγοι / ηλεκτρολογικά συνεργεία
Electronic Safety and Security	Ηλεκτρονική ασφάλεια και συστήματα ασφαλείας
Equipment	Εξοπλισμός
Existing Conditions	Υφιστάμενες συνθήκες
Exterior Improvements	Εξωτερικές διαμορφώσεις
FF&E (Furniture, Fixtures & Equipment)	Έπιπλα, σταθερά στοιχεία και εξοπλισμός

Finishes	Τελειώματα / εργασίες αποπεράτωσης
Fire Suppression	Πυρόσβεση
Furnishings	Επίπλωση
HVAC	Θέρμανση, αερισμός και κλιματισμός
HVAC Installers	Εγκαταστάτες HVAC / συνεργεία θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού
Integrated Automation	Ολοκληρωμένοι αυτοματισμοί
Labour Efficiency	Αποδοτικότητα εργασίας
Logistics	Εργοταξιακή υποστήριξη / οργάνωση εργοταξίου
Look-ahead Planning	Βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός εργασιών
Marble Teams	Συνεργεία μαρμάρων / μαρμαροτεχνίτες
Masonry	Τοιχοποιίες
MEP	Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις
Microsoft Excel	Λογισμικό υπολογιστικών φύλλων Microsoft Excel
Microsoft Project	Λογισμικό χρονοπρογραμματισμού Microsoft Project
Multi-variable Scenarios	Πολυμεταβλητά σενάρια
One-Way Sensitivity Analysis	Μονοπαραμετρική ανάλυση ευαισθησίας
Openings	Ανοίγματα / κουφώματα
Painters	Ελαιοχρωματιστές / συνεργεία βαφών
Pareto Distribution	Κατανομή Pareto
Person-Days	Ανθρωποημέρες
Planned Value (PV)	Προγραμματισμένη αξία
Plumbers	Υδραυλικοί / υδραυλικά συνεργεία
Plumbing	Υδραυλικές εγκαταστάσεις
Post Construction Certification	Πιστοποίηση μετά την κατασκευή
Procurement	Προμήθειες
Procurement Delay	Καθυστέρηση προμηθειών
Procurement Log	Μητρώο προμηθειών
Productivity	Παραγωγικότητα
Productivity Loss	Απώλεια παραγωγικότητας
Project Controls	Έλεγχος έργου / σύστημα ελέγχου έργου
Project Management	Διοίκηση έργου
Rework	Επαναληπτικές εργασίες / εργασίες επανόρθωσης
Risk	Κίνδυνος / αβεβαιότητα
Risk-Based Scheduling	Χρονοπρογραμματισμός βάσει κινδύνων
Risk Exposure	Έκθεση σε κίνδυνο
Risk Exposure Matrix	Μήτρα έκθεσης σε κίνδυνο
Risk Register	Μητρώο κινδύνων
Schedule	Χρονοδιάγραμμα
Schedule Control	Έλεγχος χρονοδιαγράμματος
Schedule Risk	Κίνδυνος χρονοδιαγράμματος
Schedule Variance	Απόκλιση χρονοδιαγράμματος
Scenario Analysis	Ανάλυση σεναρίων

Scenario Deviation Index (SDI)	Δείκτης συνολικής απόκλισης σεναρίου
Sequencing	Αλληλουχία εργασιών
S-Curve	Καμπύλη S
Site Congestion	Εργοταξιακή συμφόρηση
Special Construction	Ειδικές κατασκευές
Structural Reinforcements	Στατικές ενισχύσεις
Supervision	Επίβλεψη κατασκευής
Tender	Διαγωνισμός / διαδικασία υποβολής προσφορών
Tornado Chart	Διάγραμμα Tornado
TÜV Certification	Πιστοποίηση TÜV
Updated Schedule	Επικαιροποιημένο χρονοδιάγραμμα
Value Engineering	Τεχνικοοικονομική βελτιστοποίηση
Water and Wastewater Equipment	Εξοπλισμός ύδρευσης και αποχέτευσης
Worst Case	Δυσμενές σενάριο