



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΤΡΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΜΕ ΥΠΟΓΕΙΟ ΚΑΙ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗ
ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

ΑΘΑΝΑΣΙΑ-ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ Α. ΚΟΥΔΟΥΝΑ
ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΩΤΗΡΗΣ ΤΣΙΒΙΛΗΣ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

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

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΤΡΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΜΕ ΥΠΟΓΕΙΟ ΚΑΙ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗ
ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

ΑΘΑΝΑΣΙΑ-ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ Α. ΚΟΥΔΟΥΝΑ

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Σωτήρης Τσιβιλής

Αθανάσιος Χασιακός

Καθηγητής –Σχολή Χημικών Μηχανικών,
ΕΜΠ

Καθηγητής – Σχολή Πολιτικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Πατρών

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Ευχαριστίες

Στο πλαίσιο της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που άμεσα ή έμμεσα συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας, κ. Σωτήρη Τσιβιλή, για την βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησής της.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξή της σε όλες τις πτυχές της ζωής μου. Τα εφόδια που μου παρείχαν, υλικά και ψυχικά, αποτελούν πανάκεια για κάθε δυσκολία που μπορεί να εμφανιστεί.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω επίσης στους φίλους και συναδέλφους μου για την συμπαράστασή τους. Καθένας τους ξεχωριστά, αποτελεί μία συνιστώσα στην ζωή μου γεμάτη ευγνωμοσύνη.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω από καρδιάς στον σύζυγό μου, Παναγιώτη, που με το ενδιαφέρον, την αγάπη και την υπομονή του, με στήριξε με τον μοναδικό του τρόπο, στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Τέλος, την παρούσα διπλωματική εργασία την αφιερώνω με όλη μου την αγάπη στον γιο μου, Ωρίωνα, που αποτελεί την μεγαλύτερη κινητήριό δύναμή μου. Εύχομαι η ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας να αποτελέσει για τον ίδιο ένα ζωντανό παράδειγμα επιμονής και πηγής έμπνευσης, διδάσκοντάς τον να διεκδικεί και να κατακτά πάντα τα όνειρά του.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό, καθώς και τον έλεγχο της προόδου κατασκευαστικών έργων, εστιάζοντας στην εφαρμογή της μεθόδου της Παραχθείσας Αξίας (Earned Value Management - EVM). Σκοπός της έρευνας είναι να αναδείξει τις προκλήσεις της διαχείρισης έργων στον κατασκευαστικό κλάδο, αναλύοντας τον τρόπο με τον οποίο απρόβλεπτοι κίνδυνοι και αλλαγές απαιτήσεων μπορούν να ανατρέψουν τον αρχικό σχεδιασμό.

Ως μελέτη περίπτωσης εξετάζεται η κατασκευή ενός σύγχρονου τριώροφου κτιρίου τριών κατοικιών με υπόγειο και κολυμβητική δεξαμενή. Αρχικά, εκπονήθηκε η Δομική Ανάλυση Εργου (Work Breakdown Structure - WBS) και συντάχθηκε το θεωρητικό χρονοδιάγραμμα αναφοράς (Baseline) με τη Μέθοδο της Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method - CPM), εκτιμώμενης διάρκειας 18 μηνών και προϋπολογισμού 800.000 €. Εν συνεχεία, αναλύθηκε το ιστορικό της πραγματικής κατασκευής (As-Built), κατά την οποία εκδηλώθηκαν πέντε κομβικά γεγονότα καθυστέρησης (γεωλογικά εμπόδια, τροποποιήσεις μελετών ηλεκτρολογικών μελετών, δυσμενείς καιρικές συνθήκες, αστοχία στεγάνωσης πισίνας και γραφειοκρατικές καθυστερήσεις).

Μέσω της εφαρμογής της μεθόδου EVM σε κρίσιμα χρονικά ορόσημα (6ος, 12ος και 18ος μήνας), υπολογίστηκαν οι δείκτες αποκλίσεων (CV, SV) και απόδοσης (CPI, SPI). Τα αποτελέσματα κατέδειξαν την ύπαρξη του "Φαινομένου Ντόμινο", όπου η απουσία χρονικών αποθεμάτων οδήγησε σε χρονική υπέρβαση 33% (συνολική διάρκεια 24 μήνες) και οικονομική υπέρβαση 8% (864.500 €). Το βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι η μέθοδος EVM λειτουργεί ως ένα εξαιρετικά ακριβές σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, ικανό να προβλέψει με αξιοπιστία το τελικό κόστος (EAC) μήνες πριν την ολοκλήρωση του έργου. Εντούτοις, προκύπτει ότι η διαγνωστική αξία των δεικτών δεν επαρκεί από μόνη της, εάν δεν συνοδεύεται από την έγκαιρη λήψη διορθωτικών αποφάσεων, όπως η συμπίεση χρόνου και η αυστηρή διαχείριση αλλαγών.

Λέξεις-κλειδιά: Διαχείριση Έργων, Προγραμματισμός, Έλεγχος, Δεδουλευμένη Αξία (EVM), Κατασκευαστικά Έργα, Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (CPM), Χρονική Καθυστέρηση.

Abstract

This master's thesis explores the time and cost scheduling, as well as the progress control of construction projects, focusing on the application of the Earned Value Management (EVM) methodology. The research aims to highlight the challenges of project management in the construction industry, analyzing how unforeseen risks and scope changes can disrupt initial baseline plans.

The construction of a modern three-story residential complex with a basement and a swimming pool is examined as a case study. Initially, the Work Breakdown Structure (WBS) was developed, and the theoretical Baseline schedule was established using the Critical Path Method (CPM), with an estimated duration of 18 months and a budget of 800.000 € plus VAT. Subsequently, the actual construction history (As-Built) was analyzed, during which five pivotal delay events occurred (unforeseen geological conditions, changes in the electrical study, adverse weather, pool waterproofing failure, and bureaucratic delays).

By applying the EVM methodology at critical milestones (6th, 12th, and 18th month), variance (CV, SV) and performance indicators (CPI, SPI) were calculated. The results demonstrated the presence of the "Domino Effect," where the lack of schedule buffers led to a 33% time overrun (total duration of 24 months) and an 8% cost overrun (864.500 € plus VAT). The main conclusion of the study is that EVM functions as a highly accurate early warning system, capable of reliably forecasting the Estimate at Completion (EAC) months prior to project closure. However, the analysis indicates that the diagnostic value of these metrics is insufficient on its own unless accompanied by proactive corrective actions, such as schedule compression and rigorous change management.

Keywords: Project Management, Scheduling, Controlling, Earned Value Management (EVM), Construction Projects, Critical Path Method (CPM), Schedule Delay.

Πίνακας Περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2	ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΓΩΝ	3
2.1	Ορισμός του Έργου	3
2.2	Διαχείριση Έργου	4
2.3	Δομική Ανάλυση Έργου	5
2.4	Προγραμματισμός Έργου.....	6
2.5	Αντικείμενο και Στόχος.....	7
3	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΩΝ	9
3.1	Ανασκόπηση μεθόδων χρονικού προγραμματισμού.....	9
3.1.1	Διάγραμμα Gantt	9
3.1.2	Μέθοδος κρίσιμης διαδρομής CPM.....	11
3.1.3	Μέθοδος Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος – PERT.....	12
3.1.4	Μέθοδος Κρίσιμης Αλυσίδας – CCPM.....	13
3.1.5	Μέθοδος Fuzzy PERT.....	14
3.2	Σύγκριση Μεθόδων Χρονικού Προγραμματισμού	15
3.3	Μέθοδοι και Συστήματα Ελέγχου Έργων	15
3.4	Η Καμπύλη S.....	17
3.5	Ενοποίηση Χρονικού και Οικονομικού Ελέγχου: Η Μέθοδος EVM	18
3.5.1	Θεμελιώδεις Παράμετροι της Μεθόδου.....	19

3.5.2	Δείκτες Αποκλίσεων και Απόδοσης.....	20
3.5.3	Προβλέψεις και Εκτιμήσεις Ολοκλήρωσης	21
3.5.4	Περιορισμοί της Κλασικής EVM και Σύγχρονες Επεκτάσεις	22
4	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	24
4.1	Τεχνική περιγραφή	24
4.2	Ειδικές κατασκευές	25
4.3	Δομική Ανάλυση Έργου	26
4.4	Χρονικός Προγραμματισμός (Gantt)	30
4.5	Οικονομικός Προγραμματισμός (Budget)	32
4.6	Χρηματοροές.....	35
5	ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΟΔΟΥ - ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	40
5.1	Ιστορικό Κατασκευής	40
5.2	Απολογιστικό Κόστος.....	48
5.3	Εφαρμογή Μεθόδου Παραχθείσας Αξίας	53
5.4	Ανάλυση προβλημάτων & αιτιών καθυστέρησης.....	58
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	70
	Παράρτημα Α: Αρχιτεκτονικά Σχέδια	70
	Παράρτημα Β: Διαγράμματα Gantt.....	78

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 2.1 Ενδεικτική απεικόνιση δομικής ανάλυσης κατοικίας (Δημητριάδης, 2025).....	6
Σχήμα 3.1: Διάγραμμα Gantt.	10
Σχήμα 4.1: Προοπτική απεικόνιση κτιρίου.....	24
Σχήμα 4.2: Χρονοδιάγραμμα αναφοράς (Baseline).....	31
Σχήμα 4.3: Κατανομή δαπανών έργου (Baseline).	37
Σχήμα 4.4: Κατανομή δαπανών έργου ανά κατηγορία (Baseline).....	38
Σχήμα 4.5: Προϋπολογισθέν κόστος ως προς τον χρόνο (Baseline).	39
Σχήμα 4.6: Καμπύλη S προϋπολογισθέντος κόστους (Baseline).	39
Σχήμα 5.1: Κατανομή πραγματικών δαπανών έργου.....	46
Σχήμα 5.2: Κατανομή πραγματικών δαπανών έργου ανά κατηγορία.....	47
Σχήμα 5.3: Πραγματικό κόστος ως προς τον χρόνο.	52
Σχήμα 5.4: Καμπύλη S πραγματικού κόστους.....	52
Σχήμα A 1: Κάτοψη υπογείου.....	70
Σχήμα A 2: Κάτοψη ισογείου.	71
Σχήμα A 3: Κάτοψη Α ορόφου.	72
Σχήμα A 4: Κάτοψη Β ορόφου.	73
Σχήμα A 5: Κάτοψη Δώματος.....	74
Σχήμα A 6: Όψη 1.	75

Σχήμα Α 7: Όψη 2.....	75
Σχήμα Α 8: Όψη 3.....	76
Σχήμα Α 9: Όψη 4.....	76
Σχήμα Α 10: Τομή Α-Α.....	77
Σχήμα Α 11: Τομή Β-Β.....	77
Σχήμα Β 1: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline (1/3).	78
Σχήμα Β 2: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline (2/3).	79
Σχήμα Β 3: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline (3/3).	80
Σχήμα Β 4: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline με κόστη (1/3).....	81
Σχήμα Β 5: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline με κόστη (2/3).....	82
Σχήμα Β 6: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline με κόστη (3/3).....	83
Σχήμα Β 7: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline ανά κατηγορία, με κόστη (1/3).	84
Σχήμα Β 8: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline ανά κατηγορία, με κόστη (2/3).	85
Σχήμα Β 9: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline ανά κατηγορία, με κόστη (3/3).	86
Σχήμα Β 10: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (1/4).	87
Σχήμα Β 11: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (2/4).	88
Σχήμα Β 12: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (3/4).	89
Σχήμα Β 13: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (4/4).	90

Σχήμα Β 14: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος ανά κατηγορία, με κόστη (1/4).	91
Σχήμα Β 15: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος ανά κατηγορία, με κόστη (2/4).	92
Σχήμα Β 16: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος ανά κατηγορία, με κόστη (3/4).	93
Σχήμα Β 17: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος ανά κατηγορία, με κόστη (4/4).	94

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 4.1: Κύριες Εργασίες Έργου και διάρκεια.....	28
Πίνακας 4.2: Προϋπολογισμός Εργασιών.....	32
Πίνακας 5.1: Υλοποιηθείσα διάρκεια εργασιών.	41
Πίνακας 5.2: Πίνακας πραγματικών δαπανών.	48
Πίνακας 5.3: Έλεγχος προόδου 6 ^{ου} μήνα.	55
Πίνακας 5.4: Έλεγχος προόδου 12 ^{ου} μήνα.	56
Πίνακας 5.5: Έλεγχος προόδου 18 ^{ου} μήνα.	58

Συντομογραφίες και ακρωνύμια

ΕΑΠ: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

ΕΜΠ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Η/Μ: Ηλεκτρομηχανολογικά

EVM: Earned Value Management (Μέθοδος Παραχθείσας Αξίας)

WBS: Work Breakdown Structure (Δομική Ανάλυση Έργου)

CPM: Critical Path Method (Μέθοδος της Κρίσιμης Διαδρομής)

CV: Cost Variance (Απόκλιση Κόστους)

SV: Schedule Variance (Απόκλιση Χρονοδιαγράμματος)

CPI: Cost Performance Index (Δείκτης Απόδοσης Κόστους)

SPI: Schedule Performance Index (Δείκτης Απόδοσης Χρονοδιαγράμματος)

EAC: Estimate at Completion (Εκτίμηση Συνολικού/Τελικού Κόστους)

BAC: Budget at Completion (Συνολικός Προϋπολογισμός Εργασίας)

PV (ή BCWS): Planned Value / Budgeted Cost for Work Scheduled (Προγραμματισμένη Αξία)

AC (ή ACWP): Actual Cost / Actual Cost of Work Performed (Πραγματικό Κόστος)

EV (ή BCWP): Earned Value / Budgeted Cost for Work Performed (Παραχθείσα Αξία)

PC: Percent Complete (Ποσοστό Ολοκλήρωσης)

PERT: Program Evaluation and Review Technique (Μέθοδος Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος)

CCPM: Critical Chain Project Management (Μέθοδος Κρίσιμης Αλυσίδας)

PMI: Project Management Institute (Ινστιτούτο Διαχείρισης Έργων)

PMBOK: Project Management Body of Knowledge

ES: Earned Schedule

EDM: Earned Duration Management

EC8: Eurocode 8 (Ευρωκώδικες αντισεισμικού σχεδιασμού)

KNX: Πρότυπο για τον κτιριακό αυτοματισμό (Smart Home)

ΔΕΔΔΗΕ: Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΔΕΗ: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

ΟΤΕ: Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος

Υ/Σ: Υποσταθμός

MT: Μέση Τάση

XT: Χαμηλή Τάση

M/Σ: Μετασχηματιστής

H/Z: Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος

TV-SAT: Television - Satellite (Τηλεόραση - Δορυφορική)

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατασκευαστική βιομηχανία αποτελεί διαχρονικά έναν από τους πλέον δυναμικούς τομείς της παγκόσμιας και εγχώριας οικονομίας. Εντούτοις, η κατασκευή τεχνικών έργων χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας, έντονη αβεβαιότητα και συμμετοχή πολυάριθμων ενδιαφερόμενων μερών. Ως αποτέλεσμα, η πλειονότητα των κατασκευαστικών έργων διεθνώς έρχεται αντιμέτωπη με το φαινόμενο των χρονικών καθυστερήσεων και των οικονομικών υπερβάσεων, αποτυγχάνοντας να ικανοποιήσει τους αρχικούς στόχους (Χρόνος – Κόστος – Ποιότητα). Οι αστοχίες αυτές σπάνια σχετίζονται με αμιγώς κατασκευαστικές ή μηχανικές αδυναμίες, αλλά κατά κύριο λόγο, πηγάζουν από ελλείψεις στη φάση του αρχικού προγραμματισμού, στην υποεκτίμηση των κινδύνων και στην απουσία δυναμικών συστημάτων ελέγχου κατά τη φάση της υλοποίησης.

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, ανάλυση και εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού σε ένα πραγματικό κατασκευαστικό έργο. Ειδικότερα, η έρευνα επικεντρώνεται στη χρήση της μεθοδολογίας της Παραχθείσας Αξίας (Earned Value Management - EVM), ενός από τα πλέον αξιόπιστα εργαλεία ολοκληρωμένου ελέγχου, που ενοποιεί το φυσικό αντικείμενο με το χρόνο και το κόστος. Ως μελέτη περίπτωσης, η εργασία εξετάζει ένα πραγματικό έργο, που αφορά στην κατασκευή ενός σύγχρονου τριώροφου κτιριακού συγκροτήματος κατοικιών με υπόγειο και κολυμβητική δεξαμενή, και κατά συνέπεια χαρακτηρίζεται από υψηλές αρχιτεκτονικές και ηλεκτρομηχανολογικές απαιτήσεις.

Πρωταρχικός στόχος της εργασίας είναι να καταδείξει πώς ένα αρχικό, ντετερμινιστικό χρονοδιάγραμμα αναφοράς (Baseline), μπορεί να ανατραπεί στην πράξη από την εμφάνιση απρόβλεπτων παραγόντων, όπως γεωλογικά εμπόδια υπεδάφους, ακραία καιρικά φαινόμενα, αστοχίες υλικών, και από ενδογενείς αλλαγές απαιτήσεων. Μέσα από την αντιπαραβολή του προγραμματισμένου έναντι του πραγματικού (As-Built) σεναρίου, η εργασία στοχεύει:

- να αναλύσει τον μηχανισμό του «Φαινομένου Ντόμινο» σε δίκτυα αυστηρής αλληλουχίας, αποδεικνύοντας πώς η έλλειψη χρονικών αποθεμάτων στην Κρίσιμη Διαδρομή μετακυλίζει τη ζημιά σε όλα τα επόμενα στάδια.

- Να εφαρμόσει τη μέθοδο EVM σε κομβικά χρονικά ορόσημα (6ος, 12ος και 18ος μήνας), αξιολογώντας τη διαγνωστική της ικανότητα ως συστήματος «έγκαιρης προειδοποίησης».
- Να εξάγει συμπεράσματα σχετικά με την αναγκαιότητα λήψης διορθωτικών μέτρων (όπως η συμπίεση χρόνου) και να προτείνει βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης κινδύνων και αλλαγών για τη θωράκιση μελλοντικών έργων.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, και την ομαλή μετάβαση από το θεωρητικό υπόβαθρο στην πρακτική εφαρμογή, η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε έξι (6) διακριτά κεφάλαια, η δομή των οποίων (πέραν της Εισαγωγής) έχει ως εξής:

1. Στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο. Δίνονται οι ορισμοί του έργου και της διαχείρισής του, και εξηγούνται θεμελιώδη εργαλεία, όπως η Δομική Ανάλυση Έργου και οι αρχές του χρονικού προγραμματισμού.
2. Στο Κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και παρουσιάζονται οι παραδοσιακές και σύγχρονες μέθοδοι χρονικού προγραμματισμού (Διάγραμμα Gantt, CPM, PERT, CCPM, Fuzzy PERT), ενώ έμφαση δίνεται στη θεωρητική αξία της μεθόδου EVM στον κατασκευαστικό κλάδο.
3. Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται αναλυτικά το υπό εξέταση κτιριακό έργο και οι ειδικές κατασκευαστικές του προκλήσεις, ενώ παρουσιάζεται ο αρχικός σχεδιασμός του: το WBS, το χρονοδιάγραμμα αναφοράς και ο εγκεκριμένος προϋπολογισμός.
4. Στο Κεφάλαιο 5 αναλύεται το ιστορικό της πραγματικής κατασκευής και καταγράφονται τα γεγονότα καθυστέρησης. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται λεπτομερώς η μαθηματική προσέγγιση της μεθόδου EVM, υπολογίζονται οι δείκτες αποκλίσεων και γίνεται τεχνική αποτίμηση των αιτιών που οδήγησαν στην υπέρβαση κόστους και χρόνου.
5. Στο Κεφάλαιο 6 συνοψίζονται τα τελικά συμπεράσματα της εργασίας, όπου αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και διατυπώνονται προτάσεις βελτίωσης και βέλτιστες πρακτικές για τη διαχείριση αντίστοιχων μελλοντικών κατασκευαστικών έργων.

2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΓΩΝ

2.1 Ορισμός του Έργου

Στη διεθνή βιβλιογραφία και πρακτική, ο όρος «Έργο» (Project) διακρίνεται σαφώς από τις καθημερινές, επαναλαμβανόμενες λειτουργίες ενός οργανισμού ή μιας επιχείρησης. Σύμφωνα με τον επίσημο ορισμό του Ινστιτούτου Διαχείρισης Έργων (Project Management Institute [PMI], 2021), ως έργο ορίζεται μια προσωρινή προσπάθεια που αναλαμβάνεται με σκοπό τη δημιουργία ενός μοναδικού προϊόντος, υπηρεσίας ή αποτελέσματος.

Η ανάλυση του ορισμού αυτού αναδεικνύει δύο θεμελιώδη χαρακτηριστικά:

- i. **Ο Προσωρινός Χαρακτήρας:** Κάθε έργο διαθέτει νομοτελειακά ένα σαφώς καθορισμένο χρονικό πλαίσιο, το οποίο ορίζεται από μια συγκεκριμένη ημερομηνία έναρξης και μια προκαθορισμένη ημερομηνία λήξης. Το τέλος του έργου επέρχεται όταν επιτευχθούν οι αντικειμενικοί του στόχοι ή όταν διαπιστωθεί ότι οι στόχοι αυτοί δεν είναι πλέον εφικτοί ή αναγκαίοι (Meredith & Mantel, 2012).
- ii. **Η Μοναδικότητα:** Το παραδοτέο αποτέλεσμα ενός έργου παρουσιάζει εγγενείς διαφοροποιήσεις από οποιοδήποτε άλλο προηγούμενο προϊόν ή αποτέλεσμα. Ακόμα και στον κατασκευαστικό κλάδο, όπου δύο κτίρια μπορεί να μοιράζονται τα ίδια αρχιτεκτονικά σχέδια, η μοναδικότητα διασφαλίζεται από παράγοντες όπως η γεωγραφική θέση, οι εδαφολογικές συνθήκες, το τοπικό μικροκλίμα, η διαθεσιμότητα των πόρων και οι ιδιαιτερότητες του υπεργολαβικού δικτύου (Turner, 2014).

Από οικονομική και διοικητική άποψη, ο Kerzner (2017) συμπληρώνει ότι ένα έργο αποτελεί μια επένδυση πόρων (κεφαλαίου, χρόνου, ανθρώπινου δυναμικού και υλικών) η οποία υπόκειται σε συγκεκριμένους περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί παραδοσιακά συνοψίζονται από το Τρίπτυχο: Αντικείμενο (Scope), Χρόνος (Time) και Κόστος (Cost), με την Ποιότητα (Quality) να αποτελεί την κεντρική συνιστώσα εξισορρόπησης αυτών των τριών μεγεθών.

2.2 Διαχείριση Έργου

Η Διαχείριση Έργου (Project Management) αποτελεί έναν εξειδικευμένο επιστημονικό κλάδο της διοικητικής επιστήμης. Ορίζεται ως η εφαρμογή γνώσεων, δεξιοτήτων, εργαλείων και τεχνικών στις δραστηριότητες του έργου, με σκοπό την εκπλήρωση ή και την υπέρβαση των απαιτήσεων και των προσδοκιών των εμπλεκόμενων μερών (PMI, 2021).

Κατά τον Harrison (2017), η διαχείριση έργου δεν πρέπει να συγχέεται με τη γενική διοίκηση (general management), καθώς η πρώτη καλείται να διαχειριστεί δυναμικά περιβάλλοντα υψηλής αβεβαιότητας, μεταβαλλόμενες ομάδες εργασίας και αυστηρές προθεσμίες, χωρίς την άνεση της επαναληψιμότητας που προσφέρει η γραμμή παραγωγής μιας βιομηχανίας.

Η συστηματική προσέγγιση της διαχείρισης, όπως κωδικοποιείται στο πρότυπο PMBOK (Project Management Body of Knowledge) (PMI, 2021), οργανώνεται γύρω από πέντε (5) θεμελιώδεις ομάδες διεργασιών (Process Groups), οι οποίες καλύπτουν ολόκληρο τον κύκλο ζωής του έργου:

1. Εκκίνηση (Initiating): Περιλαμβάνει την επίσημη έγκριση του έργου, τον προσδιορισμό του γενικού του πλαισίου και τον διορισμό του Διευθυντή του Έργου (Project Manager).
2. Σχεδιασμός / Προγραμματισμός (Planning): Η πιο κρίσιμη φάση, κατά την οποία καθορίζεται αναλυτικά το εύρος των εργασιών, αναπτύσσεται το χρονοδιάγραμμα (Baseline Schedule), συντάσσεται ο προϋπολογισμός και εκπονείται το πλάνο διαχείρισης κινδύνων.
3. Εκτέλεση (Executing): Αφορά τον συντονισμό των ανθρώπων και των πόρων για την υλοποίηση των εργασιών σύμφωνα με το πλάνο σχεδιασμού.
4. Παρακολούθηση και Έλεγχος (Monitoring and Controlling): Η διεργασία κατά την οποία μετριέται συστηματικά η πραγματική πρόοδος, συγκρίνεται με τους στόχους αναφοράς και εντοπίζονται οι αποκλίσεις. Στη φάση αυτή εφαρμόζονται εργαλεία όπως η Μέθοδος Παραχθείσας Αξίας (EVM) για τη λήψη διορθωτικών μέτρων.
5. Κλείσιμο (Closing): Περιλαμβάνει την επίσημη αποδοχή και παράδοση των παραδοτέων στον κύριο του έργου, την αρχειοθέτηση των εγγράφων και την καταγραφή των «διδαγμάτων» για μελλοντική χρήση.

2.3 Δομική Ανάλυση Έργου

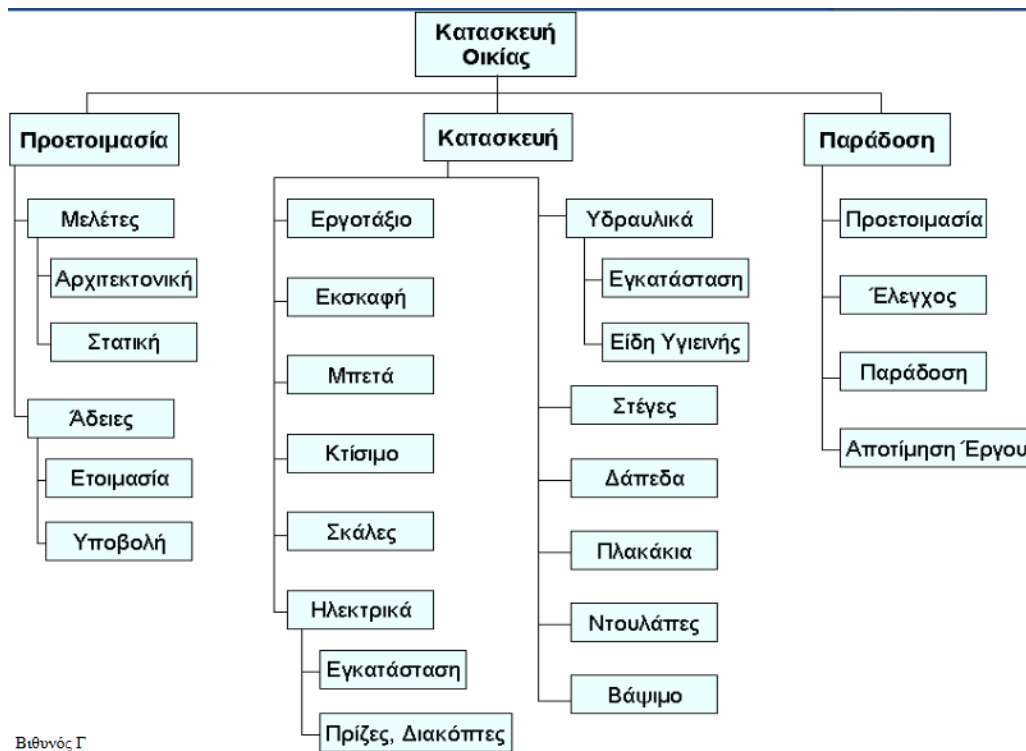
Η Δομική Ανάλυση Έργου (Work Breakdown Structure - WBS) αποτελεί το θεμέλιο λίθο πάνω στον οποίο «χτίζεται» κάθε προσπάθεια προγραμματισμού και ελέγχου. Ορίζεται ως η ιεραρχική αποδόμηση του συνολικού αντικειμένου εργασίας που πρέπει να εκτελεστεί από την ομάδα του έργου, προσανατολισμένη αποκλειστικά στα τελικά παραδοτέα (Haugan, 2002).

Σύμφωνα με τον βασικό κανόνα του WBS, το ανώτατο επίπεδο αντιπροσωπεύει το 100% του έργου, ενώ κάθε επόμενο χαμηλότερο επίπεδο αναλύει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα συστατικά στοιχεία του αμέσως ανώτερου επιπέδου, χωρίς να επιτρέπονται επικαλύψεις ή παραλείψεις εργασιών (Project Management Institute, 2019).

Το χαμηλότερο επίπεδο ανάλυσης ενός WBS ονομάζεται Πακέτο Εργασίας. Ένα ορθά δομημένο Πακέτο Εργασίας πρέπει να είναι επαρκώς αναλυτικό ώστε να επιτρέπει:

- Τον ακριβή υπολογισμό του απαιτούμενου κόστους (Cost Estimating).
- Την εκτίμηση της χρονικής του διάρκειας (Duration Estimating).
- Την ανάθεση της ευθύνης υλοποίησης σε ένα συγκεκριμένο άτομο ή υπεργολάβο (Accountability).

Στα κατασκευαστικά έργα, η δομή WBS οργανώνεται συνήθως με βάση τις φυσικές κατηγορίες των εργασιών (π.χ. Υπόγειο, Ανωδομή, Ηλεκτρομηχανολογικά (Η/Μ) Δίκτυα) ή τις φάσεις κατασκευής. Όπως επισημαίνει ο Lock (2020), το WBS λειτουργεί ως ο συνδετικός κρίκος μεταξύ του οικονομικού ελέγχου και του χρονικού προγραμματισμού, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία των Λογαριασμών Ελέγχου, όπου μετέπειτα θα εφαρμοστούν οι δείκτες της Παραχθείσας Αξίας (EVM). Στο **Σχήμα 2.1** παρουσιάζεται μία ενδεικτική απεικόνιση δομικής ανάλυσης κατοικίας.



Σχήμα 2.1 Ενδεικτική απεικόνιση δομικής ανάλυσης κατοικίας (Δημητριάδης, 2025).

2.4 Προγραμματισμός Έργου

Ενώ η Δομική Ανάλυση Έργου (WBS) προσδιορίζει το «τι» περιλαμβάνει ένα έργο, ο Προγραμματισμός Έργου καλείται να απαντήσει στο ερώτημα «πότε» και με «ποιους πόρους» θα εκτελεστεί η κάθε δραστηριότητα. Κατά τον Mubarak (2015), ο προγραμματισμός είναι η μαθηματική και λογική διευθέτηση των δραστηριοτήτων του WBS επάνω στον άξονα του χρόνου.

Η διαδικασία του προγραμματισμού περιλαμβάνει τα εξής διαδοχικά στάδια:

- Προσδιορισμός Δραστηριοτήτων (Activity Definition): Η μετατροπή των Πακέτων Εργασίας του WBS σε συγκεκριμένες κατασκευαστικές δραστηριότητες.
- Αλληλουχία Δραστηριοτήτων (Activity Sequencing): Η ανάλυση των τεχνικών και φυσικών περιορισμών για τον καθορισμό των λογικών σχέσεων μεταξύ των εργασιών (π.χ. finish-to-start, start-to-start).
- Εκτίμηση Πόρων και Διαρκειών (Resource & Duration Estimating): Ο υπολογισμός του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση κάθε εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη την παραγωγικότητα του διαθέσιμου εργατικού δυναμικού και των μηχανικών μέσων.

- iv. Ανάπτυξη Χρονοδιαγράμματος (Schedule Development): Η χρήση αλγορίθμων δικτυακής ανάλυσης (όπως η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής - CPM) για τον προσδιορισμό των ημερομηνιών έναρξης και λήξης, καθώς και των χρονικών περιθωρίων.

Το τελικό προϊόν αυτής της διεργασίας είναι το Χρονοδιάγραμμα Αναφοράς (Baseline Schedule). Όπως τονίζει ο Hinze (2012), το Χρονοδιάγραμμα Αναφοράς αποτελεί ένα «στατικό συμβόλαιο» απόδοσης. Κατά τη φάση της κατασκευής, το χρονοδιάγραμμα αυτό επικαιροποιείται με τα πραγματικά στοιχεία του εργοταξίου, παράγοντας το Υλοποιηθέν Χρονοδιάγραμμα (As-Built Schedule). Η σύγκριση μεταξύ Baseline και As-Built αποτελεί τον πυρήνα του ελέγχου προόδου.

2.5 Αντικείμενο και Στόχος

Ο πρωταρχικός στόχος της Διαχείρισης Κατασκευαστικών Έργων (Construction Project Management) είναι ο συστηματικός έλεγχος και η βελτιστοποίηση των παραμέτρων του έργου, ώστε αυτό να παραδοθεί άρτιο τεχνικά, στον προκαθορισμένο χρόνο και εντός του εγκεκριμένου οικονομικού πλαισίου.

Στα κτιριακά έργα, ο στόχος αυτός παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες λόγω της φύσης του εργοταξιακού περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τον Clough et al. (2015), οι βασικές προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει η διοίκηση ενός κατασκευαστικού έργου περιλαμβάνουν:

- Τη Διαχείριση των Διασυνδέσεων (Interface Management): ο συντονισμός των διαφορετικών συνεργείων και υπεργολάβων (π.χ. σοβατζήδες, ηλεκτρολόγοι, υδραυλικοί), οι εργασίες των οποίων συνδέονται με αυστηρές σχέσεις διαδοχής, όπου η καθυστέρηση του ενός επηρεάζει άμεσα την παραγωγικότητα του επόμενου.
- Τη Διαχείριση των Αλλαγών (Change Management): η αντιμετώπιση των αιτημάτων τροποποίησης σχεδίων από τον κύριο του έργου κατά τη φάση της κατασκευής, τα οποία, αν δεν ελεγχθούν, ανατρέπουν το χρονοδιάγραμμα αναφοράς.
- Τη Διαχείριση των Κινδύνων (Risk Management): η πρόβλεψη και ο μετριασμός αστάθμητων παραγόντων, όπως οι απρόβλεπτες γεωλογικές συνθήκες υπεδάφους ή οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν τις εξωτερικές εργασίες.

Συμπερασματικά, αντικείμενο της επιστημονικής διαχείρισης δεν είναι απλώς η παθητική καταγραφή των γεγονότων, αλλά η χρήση σύγχρονων μεθοδολογιών ελέγχου. Μέσα από την έγκαιρη διάγνωση των αποκλίσεων, η Διαχείριση Έργου προσφέρει στη διοίκηση τα απαραίτητα εργαλεία για την εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών (όπως η συμπίεση χρόνου), διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα και την επιτυχία της κατασκευαστικής επένδυσης.

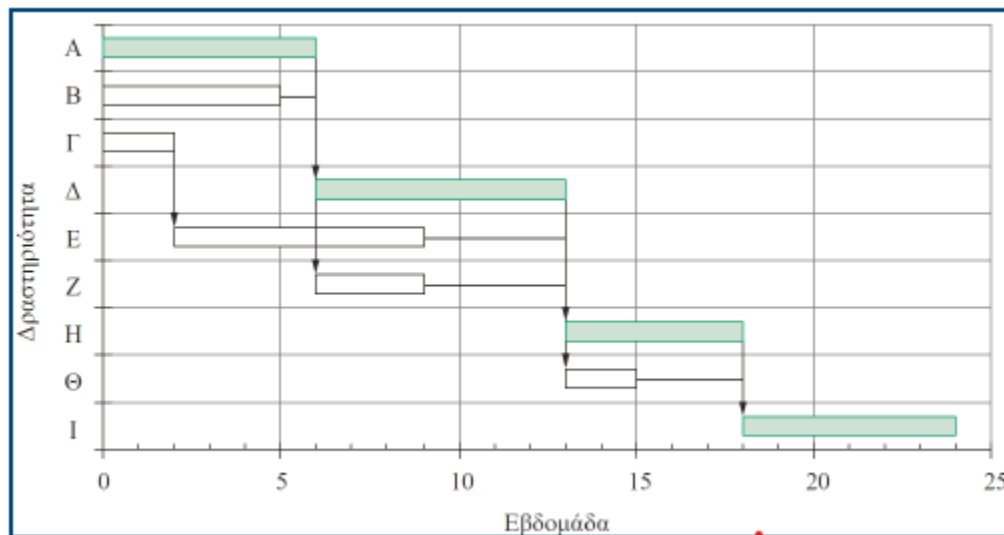
3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΩΝ

3.1 Ανασκόπηση μεθόδων χρονικού προγραμματισμού

Ο χρονικός προγραμματισμός αποτελεί διαχρονικά τον πυρήνα της διαχείρισης τεχνικών έργων (Kerzner, 2017). Σύμφωνα με τον Meredith (2016), είναι η διεργασία μετατροπής της Δομικής Ανάλυσης Έργου (WBS) σε ένα λειτουργικό ημερολογιακό μοντέλο, το οποίο προσδιορίζει τις αλληλουχίες εκτέλεσης, την κατανομή των πόρων και τα χρονικά όρια του έργου. Στην κατασκευαστική βιομηχανία, η ανάγκη για βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων και η ελαχιστοποίηση των καθυστερήσεων οδήγησαν στην ανάπτυξη ποικίλων μεθοδολογιών, οι οποίες εξελίχθηκαν από απλά γραφήματα σε σύνθετα στοχαστικά και μαθηματικά δίκτυα (Κοκκίνη, 2021).

3.1.1 Διάγραμμα Gantt

Το Διάγραμμα Gantt (**Σχήμα 3.1**) το οποίο αναπτύχθηκε από τον Αμερικανό μηχανικό Henry L. Gantt στις αρχές του 20ού αιώνα, αποτέλεσε το πρώτο συστηματικό εργαλείο χρονικού προγραμματισμού. Όπως επισημαίνει ο Clark (1922), η καινοτομία της μεθόδου έγκειται στην οπτικοποίηση της διάστασης του χρόνου σε ένα δισδιάστατο περιβάλλον. Το Διάγραμμα Gantt πρόκειται για ένα δισδιάστατο ραβδόγραμμα, όπου στον κατακόρυφο άξονα (y) παρατίθενται οι δραστηριότητες του έργου, ενώ στον οριζόντιο άξονα (x) αποτυπώνεται η κλίμακα του χρόνου (ημέρες, εβδομάδες, μήνες). Η κάθε δραστηριότητα αναπαρίσταται ως μια οριζόντια ράβδος, το μήκος της οποίας είναι ανάλογο με την εκτιμώμενη διάρκειά της. Το αριστερό άκρο της ράβδου υποδηλώνει την ημερομηνία έναρξης και το δεξί την ημερομηνία λήξης.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα Gantt.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται στα εξής:

- **Οπτική Σαφήνεια:** Παρέχει άμεση και κατανοητή οπτικοποίηση της πορείας του έργου, καθιστώντας το ιδανικό εργαλείο επικοινωνίας με ανώτερα στελέχη που δεν διαθέτουν εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις.
- **Απλότητα:** Είναι εξαιρετικά εύκολο στην κατασκευή και την κατανόηση, προσφέροντας μια γρήγορη επισκόπηση του «τι πρέπει να γίνει και πότε».

Ενώ, τα μειονεκτήματα συμπυκνώνονται στα εξής:

- **Έλλειψη Αλληλεξαρτήσεων:** Στην παραδοσιακή του μορφή, δεν απεικονίζει με σαφήνεια τις λογικές εξαρτήσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων. Εάν μια εργασία καθυστερήσει, δεν είναι άμεσα ορατό ποιες άλλες εργασίες επηρεάζονται.
- **Απουσία Κρίσιμης Διαδρομής:** Δεν αναδεικνύει ποιες εργασίες είναι κρίσιμες για την έγκαιρη ολοκλήρωση του έργου, καθιστώντας το ανεπαρκές ως αυτόνομο εργαλείο για πολύπλοκα τεχνικά έργα.

Σύμφωνα με τους PMBOK Guide (PMI, 2021), το Διάγραμμα Gantt υπερέχει στην επικοινωνιακή σαφήνεια και τη γραφική απεικόνιση προς την διοίκηση. Εντούτοις, η παραδοσιακή του μορφή παρουσιάζει σοβαρούς περιορισμούς, καθώς αδυνατεί να αποτυπώσει τις πολύπλοκες τεχνικές

αλληλεξάρτησης μεταξύ των δραστηριοτήτων και δεν αναδεικνύει τα χρονικά περιθώρια, καθιστώντας το ανεπαρκές για τον έλεγχο σύνθετων κτιριακών έργων (Harrison & Lock, 2017).

3.1.2 Μέθοδος κρίσιμης διαδρομής CPM

Η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method - CPM) προτάθηκε από τους Kelley και Walker (1959) για τη διαχείριση βιομηχανικών έργων της εταιρείας DuPont. Η CPM είναι μια μέθοδος δικτυακής ανάλυσης, που βασίζεται στην παραδοχή ότι η διάρκεια κάθε δραστηριότητας είναι γνωστή με βεβαιότητα. Το έργο αναπαρίσταται ως ένα δίκτυο κόμβων και βελών, όπου ορίζονται αυστηρές τεχνικές αλληλουχίες (π.χ. Λήξη-Έναρξη / Finish-to-Start).

Μέσω του υπολογισμού "προς τα εμπρός" (Forward Pass) και "προς τα πίσω" (Backward Pass), υπολογίζονται τα εξής μεγέθη για κάθε εργασία (Lock, 2020):

- Ενωρίτερη Έναρξη & Λήξη (Early Start / Early Finish)
- Βραδύτερη Έναρξη & Λήξη (Late Start / Late Finish)
- Συνολικό Περιθώριο (Total Float): Ο χρόνος που μπορεί να καθυστερήσει μια εργασία χωρίς να μετατοπίσει την τελική ημερομηνία του έργου.

Ως «Κρίσιμη Διαδρομή» ορίζεται η μακρύτερη αλυσίδα δραστηριοτήτων από την έναρξη έως τη λήξη του έργου, οι οποίες παρουσιάζουν μηδενικό περιθώριο καθυστέρησης (Total Float = 0). Οποιαδήποτε χρονική μετάθεση σε αυτές τις εργασίες μεταφέρει την καθυστέρηση αυτούσια στην τελική ημερομηνία παράδοσης (Kerzner, 2017). Στα κτηριακά έργα, η CPM αποτελεί το κυρίαρχο πρότυπο, καθώς οι κατασκευαστικές φάσεις (εκσκαφές, σκυροδέματα, τοιχοποιίες) ακολουθούν μια αυστηρή, προβλέψιμη φυσική αλληλουχία (Finish-to-Start).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται ως εξής:

- Εντοπίζει με μαθηματική ακρίβεια τις εργασίες που δεν επιδέχονται καμίας καθυστέρησης.
- Διευκολύνει την κατανομή πόρων και τη χρήση τεχνικών συμπίεσης του χρόνου.

Βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής:

- Θεωρεί τους πόρους (ανθρώπους, μηχανήματα) απεριόριστους, αγνοώντας συχνά τις πρακτικές συγκρούσεις.

- Δεν μπορεί να διαχειριστεί την αβεβαιότητα, καθώς υποθέτει ότι οι εκτιμήσεις χρόνου είναι απόλυτα ακριβείς.

3.1.3 Μέθοδος Αξιολόγησης και Αναθεώρησης Προγράμματος – PERT

Παράλληλα με τη CPM, το 1958, το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ ανέπτυξε τη μέθοδο PERT (Program Evaluation and Review Technique) για τον συντονισμό του προγράμματος κατασκευής των πυραύλων Polaris, το οποίο έργο χαρακτηριζόταν από μεγάλη αβεβαιότητα (Malcolm et al., 1959). Σε αντίθεση με τη ντετερμινιστική μέθοδο CPM, η PERT είναι μια στοχαστική μέθοδος. Αναγνωρίζει ότι η διάρκεια πρωτοποριακών έργων χαρακτηρίζεται από μεγάλη αβεβαιότητα. Η μέθοδος εισάγει τρία βασικά μεγέθη για κάθε εργασία:

- i. Αισιόδοξη διάρκεια, a : Ο ελάχιστος χρόνος αν όλα κυλήσουν ομαλά
- ii. Πιο πιθανή διάρκεια, m : Ο χρόνος που απαιτείται υπό φυσιολογικές συνθήκες.
- iii. Απαισιόδοξη διάρκεια, b : Ο μέγιστος χρόνος σε περίπτωση δυσμενών εξελίξεων.

Η κατανομή πιθανοτήτων της διάρκειών d_i κάθε δραστηριότητας ακολουθεί την κατανομή Βήτα, με μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση, σ . Για τον υπολογισμό των μεγεθών αυτών, αρκεί να προσδιοριστεί η αισιόδοξη διάρκεια (a), η απαισιόδοξη διάρκεια (b) και η πιθανότερη διάρκεια (m). Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση δίνονται ως εξής:

$$\mu_i = \frac{a_i + 4m_i + b_i}{6} \quad (3.1)$$

$$\sigma_i = \frac{b_i - a_i}{6} \quad (3.2)$$

Παρόλο που οι διάρκειες d_i κάθε δραστηριότητας ακολουθούν κατανομή Βήτα, η συνολική διάρκεια του έργου d ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση σ , που δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις δραστηριότητες της κρίσιμης διαδρομής:

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_N \quad (3.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_N^2} \quad (3.4)$$

Μέσω του κεντρικού οριακού θεωρήματος, η PERT μπορεί να υπολογίσει την πιθανότητα (ως ποσοστό %) να ολοκληρωθεί το έργο σε μια συγκεκριμένη ημερομηνία-στόχο.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται ως εξής:

- Λαμβάνει υπόψη το ρίσκο και την αβεβαιότητα.
- Εξαιρετική για έργα Έρευνας & Ανάπτυξης όπου δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής:

- Μαθηματικά πολύπλοκη και χρονοβόρα.
- Βασίζεται σε υποκειμενικές εκτιμήσεις των εμπειρογνομόνων.

Όπως αναλύει ο Moder (2019), η PERT επιτρέπει τον στατιστικό υπολογισμό της πιθανότητας ολοκλήρωσης του έργου εντός των συμβατικών προθεσμιών. Ωστόσο, η συλλογή των τριών εκτιμήσεων βασίζεται συχνά στην υποκειμενική κρίση των μηχανικών, γεγονός που μπορεί να αλλοιώσει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

3.1.4 Μέθοδος Κρίσιμης Αλυσίδας – CCPM

Η μέθοδος Κρίσιμης Αλυσίδας (Critical Chain Project Management - CCPM) αναπτύχθηκε το 1997 από τον Dr. Eliyahu M. Goldratt, αποτελώντας την πρακτική εφαρμογή της «Θεωρίας των Περιορισμών» (Theory of Constraints) στα έργα. Η CCPM αλλάζει ριζικά την παραδοσιακή προσέγγιση. Αναγνωρίζει ότι οι μηχανικοί τείνουν να προσθέτουν μεγάλα "κρυφά" χρονικά περιθώρια ασφαλείας στην εκτίμηση της κάθε μεμονωμένης εργασίας υπέρ της ασφαλείας. Αυτό οδηγεί στο Σύνδρομο του Φοιτητή, ήτοι την αναβολή της δουλειάς για την τελευταία στιγμή, και στον Νόμο του Parkinson, σύμφωνα με τον οποίο η δουλειά διαστέλλεται για να γεμίσει τον διαθέσιμο χρόνο.

Η CCPM αφαιρεί τα περιθώρια ασφαλείας από κάθε επιμέρους εργασία, μειώνοντας τις εκτιμήσεις στο 50% της πιθανότητας, και τα συγκεντρώνει στο τέλος του χρονοδιαγράμματος, δημιουργώντας ένα ορατό Χρονικό Απόθεμα Έργου (Project Buffer). Επιπλέον, λαμβάνει αυστηρά υπόψη τη διαθεσιμότητα των πόρων, ονομάζοντας τη μακρύτερη διαδρομή εξαρτώμενη από πόρους ως "Κρίσιμη Αλυσίδα".

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται ως εξής:

- Ελαχιστοποιεί τις σπατάλες χρόνου και λύνει το πρόβλημα των διενέξεων στους πόρους.
- Προσφέρει τεράστια ασφάλεια στην τελική ημερομηνία παράδοσης.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται ως εξής:

- Απαιτεί τεράστια αλλαγή εταιρικής κουλτούρας, καθώς οι εργαζόμενοι πρέπει να δεχτούν "σφιχτές" προθεσμίες.

3.1.5 Μέθοδος Fuzzy PERT

Για τα έργα εκείνα όπου η αβεβαιότητα είναι τόσο ακραία που ούτε η κλασική στατιστική της PERT μπορεί να εφαρμοστεί (καθώς δεν υπάρχουν καν δεδομένα για να οριστούν οι πιθανότητες), εισάγεται η μέθοδος Fuzzy Pert.

Η Μέθοδος Fuzzy PERT (Lotfi Zadeh, 1965) βασίζεται στη Θεωρία της Ασαφούς Λογικής (Fuzzy Logic) και προτάθηκε για έργα όπου η αβεβαιότητα στην υλοποίηση τους είναι τόσο μεγάλη, που οι πιθανότητες δεν μπορούν να εκτιμηθούν με τα εργαλεία κλασσικής θεωρίας πιθανοτήτων. Σύμφωνα με τους Chanas και Kamburowski (1981), η Fuzzy PERT αντικαθιστά τους βέβαιους αριθμούς με ασαφείς αριθμούς (συνήθως τριγωνικής ή τραπεζοειδούς μορφής). Οι εκτιμήσεις των ειδικών εκφράζονται μέσω γλωσσικών μεταβλητών, οι οποίες μετατρέπονται μέσω μαθηματικών συναρτήσεων συμμετοχής σε ποσοτικούς δείκτες, επιτρέποντας τον υπολογισμό της κρίσιμης διαδρομής υπό συνθήκες απόλυτης ασάφειας (Fuzzy Critical Path).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται ως εξής:

- Ενσωματώνει απόλυτα την ανθρώπινη κρίση, εμπειρία και διαίσθηση σε ένα μαθηματικό μοντέλο.
- Λειτουργεί εξαιρετικά σε περιβάλλοντα ελλειπών ή ασαφών πληροφοριών.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται ως εξής:

- Η πολυπλοκότητα των αλγορίθμων απαιτεί εξειδικευμένα λογισμικά.
- Η μετατροπή των ασαφών αποτελεσμάτων πίσω σε κατανοητούς χρόνους είναι δυσνόητη για τη διοίκηση.

3.2 Σύγκριση Μεθόδων Χρονικού Προγραμματισμού

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση καθίσταται σαφές ότι δεν υφίσταται μία "τέλεια" μέθοδος, αλλά η επιλογή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες του εκάστοτε έργου. Το Διάγραμμα Gantt υπερτερεί στην απλότητα και την παρουσίαση, αλλά υστερεί στην ανάλυση, λειτουργώντας συνήθως ως το οπτικό αποτέλεσμα των άλλων μεθόδων. Από την άλλη, η CPM είναι η "βιομηχανική σταθερά" για τον κατασκευαστικό κλάδο. Όταν πρόκειται για τυποποιημένα κτιριακά έργα (όπως η μελέτη περίπτωσης της παρούσας διπλωματικής), όπου ο χρόνος σκυροδέτησης, χτισίματος και μονώσεων μπορεί να προσδιοριστεί με σχετική βεβαιότητα, η CPM παρέχει τον αυστηρό έλεγχο που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου παραχθείσας αξίας. Οι μέθοδοι PERT και Fuzzy PERT ενδείκνυνται για έργα υψηλής τεχνολογίας, ανάπτυξης λογισμικού ή διαστημικών προγραμμάτων, όπου το αντικείμενο είναι πρωτόγνωρο και τα ιστορικά δεδομένα απουσιάζουν. Τέλος, η CCPM (Κρίσιμη Αλυσίδα) αποτελεί την πιο σύγχρονη διοικητική απάντηση στις αδυναμίες της CPM, μετατοπίζοντας την προσοχή από τις "ημερομηνίες" στη "διαθεσιμότητα των πόρων" και την προστασία του συνολικού έργου μέσω χρονικών αποθεμάτων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για την παρακολούθηση της κατασκευής του τριώροφου κτιρίου και τη μέτρηση των αποκλίσεων με τη μέθοδο της Παραχθείσας Αξίας (EVM), όπως περιγράφεται στα κεφάλαια που ακολουθούν, η χρήση της μεθοδολογίας CPM σε συνδυασμό με την οπτικοποίηση Gantt κρίνεται ως η πλέον ενδεδειγμένη και ρεαλιστική επιλογή.

3.3 Μέθοδοι και Συστήματα Ελέγχου Έργων

Η διαδικασία του ελέγχου ενός έργου αποτελεί τη δυναμική συνιστώσα της Διαχείρισης Έργων, η οποία γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ του θεωρητικού σχεδιασμού και της εργοταξιακής πραγματικότητας. Σύμφωνα με τον Kerzner (2017), ο έλεγχος δεν πρέπει να προσεγγίζεται ως μια παθητική ή κατασταλτική καταγραφή ιστορικών δεδομένων, αλλά ως ένας συνεχής, ανατροφοδοτούμενος μηχανισμός έγκαιρης διάγνωσης αποκλίσεων και λήψης διορθωτικών αποφάσεων.

Στη διεθνή πρακτική των κατασκευών, οι μέθοδοι ελέγχου εξελίχθηκαν σταδιακά, μετατοπίζοντας το ενδιαφέρον από τον απομονωμένο έλεγχο των επιμέρους μεγεθών στην ολιστική και

ενοποιημένη παρακολούθηση. Οι κυριότερες μέθοδοι ελέγχου ταξινομούνται στις εξής δυο κατηγορίες:

Παραδοσιακές Μέθοδοι Ελέγχου

- **Λογιστικός και Απολογιστικός Έλεγχος (Financial Auditing):** Εστιάζει αποκλειστικά στην καταγραφή των τιμολογίων, των εισπράξεων και των πληρωμών του έργου. Παρότι είναι απαραίτητος για τη χρηματοοικονομική υγεία της αναδόχου εταιρείας, ο λογιστικός έλεγχος θεωρείται ανεπαρκής για τη διαχείριση έργων (Meredith & Mantel, 2012). Η βασική του αδυναμία έγκειται στο ότι εξετάζει το κόστος αποκομμένο από τη φυσική πρόοδο: το γεγονός ότι έχει αναλωθεί το 50% του προϋπολογισμού δεν εγγυάται ότι έχει εκτελεστεί και το 50% του κατασκευαστικού αντικειμένου.
- **Μέθοδος των Οροσήμων (Milestone Tracking):** Βασίζεται στον ορισμό κρίσιμων χρονικών σημείων (milestones) κατά τη διάρκεια του έργου (π.χ. ολοκλήρωση θεμελίωσης, ολοκλήρωση φέροντος οργανισμού). Ο έλεγχος πραγματοποιείται με τη δυαδική λογική «επιτεύχθηκε / δεν επιτεύχθηκε» στην προκαθορισμένη ημερομηνία. Αν και προσφέρει καθαρή Σχήμα για τα μεγάλα ορόσημα, υστερεί στην παρακολούθηση των ενδιάμεσων φάσεων και δεν μπορεί να ποσοτικοποιήσει το μέγεθος της καθυστέρησης στις καθημερινές εργασίες (Hinze, 2012).
- **Επιτόπου Φυσική Επιθεώρηση (Physical Inspection):** Στηρίζεται στις επιμετρήσεις πεδίου από τον επιβλέποντα μηχανικό (π.χ. κυβικά μέτρα σκυροδέματος που έπεσαν, τετραγωνικά μέτρα τοιχοποιίας που χτίστηκαν). Πρόκειται για την πιο ακριβή μέθοδο καταγραφής της φυσικής προόδου (PC%), η οποία όμως, αν δεν συνδυαστεί με οικονομικά εργαλεία, δεν μπορεί να αποκαλύψει αν η πρόοδος αυτή επιτεύχθηκε εντός ή εκτός του προβλεπόμενου κόστους παραγωγής (Mubarak, 2015).

Σύγχρονες και Ολοκληρωμένες Μέθοδοι Ελέγχου

- **Ανάλυση Αποκλίσεων (Variance Analysis):** Αποτελεί τη μαθηματική σύγκριση μεταξύ των τιμών αναφοράς (Baseline) και των πραγματικών δεδομένων (As-Built). Οι αποκλίσεις υπολογίζονται τόσο σε επίπεδο χρόνου όσο και σε επίπεδο κόστους, επιτρέποντας τον εντοπισμό των δραστηριοτήτων που εμφανίζουν τη μεγαλύτερη ευπάθεια.
- **Διαχείριση Αποθεμάτων Κρίσιμης Αλυσίδας (Buffer Management):** Εφαρμόζεται στο πλαίσιο της μεθοδολογίας CCPM. Ο έλεγχος του έργου δεν γίνεται με βάση τις ημερομηνίες λήξης των

επιμέρους εργασιών, αλλά με βάση τον ρυθμό κατανάλωσης του κεντρικού χρονικού αποθέματος (Project Buffer). Εάν το απόθεμα καταναλώνεται με ταχύτερο ρυθμό από ό,τι εξελίσσεται η κρίσιμη αλυσίδα, το σύστημα εκπέμπει σήμα για άμεση διοικητική παρέμβαση (Leach, 2016).

- Μέθοδος της Παραχθείσας Αξίας (EVM): Θεωρείται η κορωνίδα των συστημάτων ελέγχου, καθώς καταφέρνει να ενοποιήσει το φυσικό αντικείμενο, τον χρόνο και το κόστος, μετατρέποντας τη φυσική πρόοδο σε χρηματικές μονάδες και επιτρέποντας την ταυτόχρονη εξαγωγή δεικτών απόδοσης (CPI, SPI) και μελλοντικών προβλέψεων (EAC) (Fleming & Koppelman, 2016).
- Αδυναμίες της EVM και Σύγχρονες Επεκτάσεις (Earned Schedule & Earned Duration): Παρά την ευρεία αποδοχή της, η κλασική μέθοδος EVM παρουσιάζει μια εγγενή αδυναμία στην αποτίμηση του χρόνου κατά τα τελικά στάδια του έργου. Καθώς το έργο οδεύει προς την ολοκλήρωσή του, ο δείκτης απόδοσης χρονοδιαγράμματος (SPI) τείνει πλασματικά προς τη μονάδα (1.0), υποδηλώνοντας λανθασμένα ότι το έργο είναι εντός χρόνου. Για την επίλυση αυτού του μαθηματικού παραδόξου, η σύγχρονη βιβλιογραφία (Lipke, 2003) εισήγαγε τη μέθοδο Earned Schedule (ES) και την Earned Duration Management (EDM). Οι μέθοδοι αυτές διατηρούν τη λογική της EVM, αλλά προβάλλουν την παραχθείσα αξία επάνω στον άξονα του χρόνου, αποδίδοντας την καθυστέρηση σε πραγματικές χρονικές μονάδες (π.χ. εβδομάδες) αντί για χρηματικές, προσφέροντας υψηλότερη διαγνωστική ακρίβεια στα τελευταία στάδια κατασκευής.

3.4 Η Καμπύλη S

Η Καμπύλη S (S-Curve) αποτελεί ένα από τα πιο ισχυρά και ευρέως διαδεδομένα γραφικά εργαλεία για τον προγραμματισμό, την οπτικοποίηση και τον έλεγχο των τεχνικών έργων. Ορίζεται ως η μαθηματική και γραφική αναπαράσταση των αθροιστικών δεδομένων (cumulative data) ενός έργου — όπως το κόστος, οι ανθρωπόωρες ή η φυσική πρόοδος — σε συνάρτηση με τον χρόνο (Harrison & Lock, 2017).

Το χαρακτηριστικό σχήμα "S" που λαμβάνει η καμπύλη αντανακλά τη φυσιολογική ροή ανάλωσης των πόρων κατά τον κύκλο ζωής μιας κατασκευής. Η τροχιά της καμπύλης χωρίζεται σε τρεις διακριτές φάσεις (Mubarak, 2015):

- i. Φάση Εκκίνησης (Αρχική Επιπέδωση): Στην αρχή του έργου (π.χ. οι πρώτοι 2 μήνες σε ένα κτιριακό έργο), η κλίση της καμπύλης είναι πολύ μικρή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι εργασίες εκκίνησης (κινητοποίηση εργοταξίου, τοπογραφικές χαράξεις, αρχικές εκσκαφές) καταναλώνουν συγκριτικά λιγότερους πόρους και κεφάλαια ανά εβδομάδα.
- ii. Φάση Κύριας Εκτέλεσης (Κατακόρυφη Ανύψωση): Καθώς το έργο εισέρχεται στην πλήρη ανάπτυξη του (στήσιμο σκελετού, χτισίματα, παράλληλη εγκατάσταση δικτύων Η/Μ), ο ρυθμός παραγωγής και η απορρόφηση των κονδυλίων μεγιστοποιούνται. Η καμπύλη αποκτά έντονη, σχεδόν γραμμική ανοδική κλίση, αντανακλώντας τη φάση αιχμής της επένδυσης.
- iii. Φάση Ολοκλήρωσης (Τελική Επιπέδωση): Προς το τέλος του έργου (τελειώματα, χρωματισμοί, δοκιμές δικτύων, γραφειοκρατικές εγκρίσεις), ο ρυθμός ανάλωσης των πόρων πέφτει ξανά. Οι εργασίες γίνονται πιο λεπτομερείς, η εβδομαδιαία δαπάνη μειώνεται και η καμπύλη προσεγγίζει ασυμπτωτικά το συνολικό της ύψος (BAC), ολοκληρώνοντας το σχήμα "S".

3.5 Ενοποίηση Χρονικού και Οικονομικού Ελέγχου: Η Μέθοδος EVM

Όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες ενότητες, τα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου αντιμετωπίζουν το κόστος και τον χρόνο ως δύο ασυσχέτιστες μεταβλητές. Στην πράξη, η θεώρηση αυτή αποδεικνύεται μη ρεαλιστική. Η ανάγκη για ένα ενιαίο, αντικειμενικό και ποσοτικοποιημένο σύστημα που να συνδέει άμεσα τις χρηματοοικονομικές δαπάνες με την πραγματική φυσική πρόοδο του εργοταξίου οδήγησε στην ανάπτυξη της Μεθόδου της Παραχθείσας Αξίας (Earned Value Management - EVM).

Η μέθοδος EVM αναπτύχθηκε αρχικά από την κυβέρνηση των ΗΠΑ τη δεκαετία του 1960 ως κριτήριο ελέγχου των αμυντικών προγραμμάτων (Fleming & Koppelman, 2016). Σήμερα, αποτελεί ένα από τα πιο ισχυρά διεθνή πρότυπα για τη διαχείριση και τον έλεγχο τεχνικών έργων (PMI, 2019).

Σύμφωνα με την πρόσφατη έρευνα των Elsaid et al. (2025), η εφαρμογή των τεχνικών EVM στον κατασκευαστικό κλάδο προσφέρει στη διοίκηση τη δυνατότητα να μετατρέψει τη φυσική πρόοδο των εργασιών σε χρηματικές μονάδες. Με τον τρόπο αυτό, το EVM παύει να είναι ένας απλός απολογιστικός μηχανισμός και μετατρέπεται σε ένα δυναμικό σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, ικανό να προβλέψει την τελική έκβαση του έργου από πολύ νωρίς.

Οι Elsaid et al. (2025) επισημαίνουν ότι, ενώ η παραδοσιακή EVM παρέχει εξαιρετική ακρίβεια στην πρόβλεψη του τελικού κόστους (EAC) σε έργα με γραμμική εξέλιξη, η ενσωμάτωση παραλλαγών της (όπως το Earned Schedule - ES) ή στοχαστικών μοντέλων κρίνεται απαραίτητη όταν το έργο υφίσταται έντονες ασυνέχειες και καθυστερήσεις λόγω απρόβλεπτων κινδύνων (γεωλογικά προβλήματα, αλλαγές σχεδιασμού).

Η βιβλιογραφία επιβεβαιώνει ότι ο προσδιορισμός των δεικτών SPI (Schedule Performance Index) και CPI (Cost Performance Index) λειτουργεί ως ένα δυναμικό σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, επιτρέποντας στον Διευθυντή έργου να ποσοτικοποιήσει τις αποκλίσεις πριν αυτές καταστούν μη αναστρέψιμες (Anbari, 2003; Elsaid et al., 2025). Η παραδοχή αυτή αποτελεί τη βάση για τη μεθοδολογία ελέγχου που εφαρμόζεται στη δική μας μελέτη περίπτωσης στα επόμενα κεφάλαια.

3.5.1 Θεμελιώδεις Παράμετροι της Μεθόδου

Η μαθηματική δομή της EVM στηρίζεται στη συνεχή παρακολούθηση και σύγκριση τριών βασικών παραμέτρων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή ελέγχου (Anbari, 2003):

1. Προγραμματισμένη Αξία (Planned Value - PV ή BCWS): Αποτελεί τον εγκεκριμένο προϋπολογισμό που έχει διατεθεί για τις εργασίες που προγραμματιζόταν να εκτελεστούν μέχρι την ημερομηνία ελέγχου, σύμφωνα με το Baseline χρονοδιάγραμμα. Αντιπροσωπεύει το «τι έπρεπε να έχει γίνει».
2. Πραγματικό Κόστος (Actual Cost - AC ή ACWP): Είναι το συνολικό κόστος (άμεσο και έμμεσο) που πραγματικά δαπανήθηκε για την εκτέλεση των εργασιών μέχρι την ημερομηνία ελέγχου. Αντιπροσωπεύει το «τι πληρώσαμε».
3. Παραχθείσα Αξία (Earned Value - EV ή BCWP): Είναι η χρηματική αξία της εργασίας που πραγματικά ολοκληρώθηκε μέχρι την ημερομηνία ελέγχου, υπολογιζόμενη με βάση τις αρχικές τιμές του προϋπολογισμού. Αποτελεί το προϊόν του Ποσοστού Ολοκλήρωσης

(PC%) επί τον συνολικό Προϋπολογισμό της εργασίας (BAC). Αντιπροσωπεύει το «τι πραγματικά παράξαμε».

$$BCWP = PC \times BAC \quad (3.5)$$

3.5.2 Δείκτες Αποκλίσεων και Απόδοσης

Σύμφωνα με τη μέθοδο παραχθείσας αξίας, η πορεία του έργου μπορεί να εκτιμηθεί από τις παρακάτω παραμέτρους (Mubarak, 2015):

- i) **Απόκλιση χρονοδιαγράμματος (SV):** Εκφράζει την χρονική απόκλιση μεταξύ της προγραμματισμένης και της πραγματικής προόδου του έργου σε μια χρονική στιγμή και υπολογίζεται από την κάτωθι σχέση:

$$SV = BCWP - BCWS \quad (3.6)$$

Αν $SV(t) > 0$, τη χρονική στιγμή t το έργο εξελίσσεται πιο γρήγορα από τον προγραμματισμό.

Αν $SV(t) < 0$, το έργο παρουσιάζει καθυστέρηση.

- ii) **Απόκλιση χρονοδιαγράμματος σε ποσοστιαία βάση SV%:** Ο δείκτης SV εκφράζεται συμπληρωματικά και σε ποσοστιαία βάση, βάσει της σχέσης:

$$SV\% = \frac{SV}{BCWS} \times 100 \quad (3.7)$$

- iii) **Απόκλιση κόστους CV:** Εκφράζει την απόκλιση του προϋπολογισθέντος και του πραγματικού κόστους του έργου και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$CV = BCWP - ACWP \quad (3.8)$$

Αν $CV(t) > 0$, τη χρονική στιγμή t το έργο εκτελείται με χαμηλότερο από το προϋπολογισθέν κόστος. Αν $CV(t) < 0$, υπάρχει υπέρβαση του προϋπολογισθέντος κόστους.

- iv) **Απόκλιση κόστους σε ποσοστιαία βάση CV:** Ο δείκτης CV εκφράζεται συμπληρωματικά και σε ποσοστιαία βάση, βάσει της σχέσης:

$$CV = \frac{CV}{BCWP} \times 100 \quad (3.9)$$

- v) **Δείκτης Απόδοσης Κόστους (Cost Performance Index - CPI):** Μετρά την οικονομική αποδοτικότητα του έργου και υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση:

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \quad (3.10)$$

Αν $CPI < 1$ σημαίνει ότι για κάθε χρηματική μονάδα που ξοδεύεται, παράγεται έργο αξίας μικρότερης της 1 χρηματικής μονάδας.

- vi) **Δείκτης Απόδοσης Χρονοδιαγράμματος (Schedule Performance Index - SPI):** Μετρά την χρονική αποδοτικότητα και υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση:

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \quad (3.11)$$

Αν $SPI < 1$ υποδηλώνει ότι ο ρυθμός εκτέλεσης υπολείπεται του προγραμματισμένου.

3.5.3 Προβλέψεις και Εκτιμήσεις Ολοκλήρωσης

Αφού γίνει η παραπάνω ανάλυση, υπολογίζεται ο δείκτης EAC (Εκτίμηση συνολικού κόστους), βάσει του οποίου παρέχεται μια αναθεωρημένη εκτίμηση του κόστους του έργου με βάση την πρόοδο του έργου. Η παράμετρος υπολογίζεται θεωρώντας ότι ο ρυθμός προόδου του έργου που εμφανίζεται μέχρι σήμερα, όσον αφορά την παραγωγικότητα υλοποίησης, θα συνεχιστεί στο υπόλοιπο διάστημα και δίνεται από τη σχέση:

$$EAC = \frac{ACWP}{BCWP} \times BAC \quad (3.12)$$

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της EVM, όπως τονίζουν οι Elsaid et al. (2025), είναι η μαθηματική ικανότητα πρόβλεψης των τελικών μεγεθών του έργου. Ο δείκτης EAC (Estimate at Completion) αποτελεί την τρέχουσα εκτίμηση για το συνολικό τελικό κόστος του έργου. Η ακρίβεια του δείκτη EAC επιτρέπει στη Διοίκηση να γνωρίζει τη μελλοντική οικονομική κατάσταση του έργου και να μην στηρίζεται σε υποκειμενικές εκτιμήσεις των εργοδηγών, προσφέροντας μια αντικειμενική βάση για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων.

3.5.4 Περιορισμοί της Κλασικής EVM και Σύγχρονες Επεκτάσεις

Παρά την καθολική αποδοχή της, η κλασική μέθοδος EVM παρουσιάζει ένα γνωστό μαθηματικό παράδοξο όσον αφορά την αποτίμηση του χρόνου, το οποίο αναλύεται εκτενώς στη σύγχρονη βιβλιογραφία διαχείρισης κατασκευών (Lipke, 2003; Khamooshi & Golafshani, 2014). Το παράδοξο αυτό ονομάζεται το «Παράδοξο του Δείκτη SPI». Επειδή η Απόκλιση Χρονοδιαγράμματος ($SV = BCWP - BCWS$) και ο δείκτης $SPI = BCWP/BCWS$ εκφράζονται σε ευρώ, και όχι σε μονάδες χρόνου, προς το τέλος της ζωής του έργου εμφανίζουν μια πλασματική συμπεριφορά. Όταν το έργο πλησιάζει στην ολοκλήρωσή του, η Παραχθείσα Αξία ($EV = BCWP$) τείνει μαθηματικά να εξισωθεί με τον συνολικό προϋπολογισμό (BAC), όπως ακριβώς και η Προγραμματισμένη Αξία (PV). Ως εκ τούτου, ακόμη και αν ένα έργο έχει υποστεί δραματική χρονική καθυστέρηση, ο δείκτης SPI θα επιστρέψει αυτόματα στη μονάδα ($SPI = 1.0$) και το SV θα γίνει μηδέν ($SV = 0$) κατά την αποπεράτωση, αποκρύπτοντας τη χρονική αποτυχία.

Για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος, ο Walt Lipke (2003) εισήγαγε τη μέθοδο του Earned Schedule (ES). Επί της ουσίας, η μέθοδος μετατρέπει την Παραχθείσα Αξία (EV) σε ευρώ και τη μεταφέρει οριζόντια επάνω στην καμπύλη Baseline PV, προκειμένου να εντοπίσει σε ποιο χρονικό σημείο (εβδομάδα ή μήνα) έπρεπε κανονικά να είχε παραχθεί αυτή η αξία. Έτσι, η καθυστέρηση υπολογίζεται σε πραγματικές μονάδες χρόνου (π.χ. -4 εβδομάδες) και ο δείκτης χρονικής απόδοσης ($SPIt$) παραμένει αξιόπιστος μέχρι την τελευταία μέρα του έργου.

Ως περαιτέρω εξέλιξη, οι Khamooshi και Golafshani (2014) ανέπτυξαν την μέθοδο Earned Duration Management (EDM). Η μέθοδος διαχωρίζει πλήρως τον έλεγχο του χρόνου από το κόστος. Ενώ η ESM εξακολουθεί να χρησιμοποιεί τα ευρώ (μέσω του EV) για να εξάγει τον χρόνο, η EDM χρησιμοποιεί αποκλειστικά τις διάρκειες των εργασιών και τη θέση τους στην κρίσιμη

διαδρομή (CPM), προσφέροντας ακόμα πιο καθαρή Σχήμα για τις καθυστερήσεις σε έργα με πολύπλοκες δικτυακές αλληλουχίες.

Στη παρούσα εργασία για τις ανάγκες της μελέτη περίπτωσης, η χρήση της κλασικής μεθόδου EVM κρίνεται ως απόλυτα επαρκής για τη διάγνωση των προβλημάτων, καθώς οι έλεγχοι πραγματοποιούνται στους ενδιάμεσους σταθμούς (6ος, 12ος, 18ος μήνας), όπου οι δείκτες CPI και SPI διατηρούν πλήρως τη διαγνωστική τους ισχύ και αποκαλύπτουν με ακρίβεια το μέγεθος των αποκλίσεων.

4 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

4.1 Τεχνική περιγραφή

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης περίπτωσης αποτελεί ο πλήρης προγραμματισμός, η παρακολούθηση και ο έλεγχος κατασκευής ενός τριώροφου κτιριακού συγκροτήματος υψηλών προδιαγραφών. Το έργο αφορά στην κατασκευή τριών κατοικιών, συνολικής επιφάνειας 653 τ.μ., οι οποίες εκτείνονται σε υπόγειο, ισόγειο, Α όροφο, Β όροφο και δώμα, ενώ στον περιβάλλοντα χώρο προβλέπεται, πέραν της φύτευσης, και η κατασκευή κολυμβητικής δεξαμενής επιφάνειας 33τ.μ. Στο **Σχήμα 4.1** παρουσιάζεται το κτίριο σε φωτορεαλιστική απεικόνιση. Οι κατόψεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α: Αρχιτεκτονικά Σχέδια.



Σχήμα 4.1: Προοπτική απεικόνιση κτιρίου.

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει μελετηθεί να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα (ποιότητας C25/30), εναρμονισμένος πλήρως με τους σύγχρονους ευρωκώδικες αντισεισμικού σχεδιασμού (EC8). Η εξωτερική τοιχοποιία είναι από οπτοπλινθοδομή, οι εσωτερικές τοιχοποιίες από ξηρά δόμηση, ενώ ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί στον ενεργειακό σχεδιασμό του κελύφους (θερμοπρόσοψη, ενεργειακά κουφώματα) για την ελαχιστοποίηση του ενεργειακού αποτυπώματος. Τα δάπεδα θα επενδυθούν με πλακίδια και ξύλινα δάπεδα, πέραν των

κοινόχρηστων υπόγειων χώρων (αποθήκες, θέσεις στάθμευσης) που θα αποτελούνται από βιομηχανικό δάπεδο. Επιπρόσθετα, έχει μελετηθεί να εγκατασταθεί πρότυπο KNX για τον κτιριακό αυτοματισμό και τις έξυπνες κατοικίες (Smart Home). Σε όλες τις όψεις θα εφαρμοστεί σύστημα εξωτερικής θερμοπρόσοψης. Το δώμα του κτιρίου προβλέπεται να είναι φυτεμένο. Ο περιβάλλων χώρος, πέραν της κολυμβητικής δεξαμενής, προβλέπει την κατασκευή περίφραξη από σκυρόδεμα και μεταλλική κατασκευή, θύρες εισόδων οχημάτων και πεζών, διαμόρφωση διαδρόμων περιπάτου και πρασίνου. Η κατασκευή τέτοιων απαιτητικών κτιριακών έργων σε αστικό περιβάλλον προϋποθέτει τον αυστηρό συντονισμό πολλαπλών ειδικοτήτων (Πολιτικοί Μηχανικοί, Μηχανολόγοι, τεχνίτες, κ.ά.) και την τήρηση των χρονικών παραθύρων εργασίας.

4.2 Ειδικές κατασκευές

Το έργο αυτό είναι υψηλών προδιαγραφών και για το λόγο αυτό ενσωματώθηκαν υποέργα τα οποία ενείχαν εξ' ορισμού αυξημένο βαθμό τεχνικής πολυπλοκότητας και κατασκευαστικού ρίσκου:

- **Κατασκευή Υπογείου Χώρου (Στεγανή Λεκάνη):** Η κατασκευή του υπογείου αποτέλεσε μία από τις πρώτες και σημαντικότερες τεχνικές προκλήσεις του έργου. Λόγω του μεγάλου βάθους εκσκαφής και της εγγύτητας με κάποια όρια του οικοπέδου, απαιτήθηκε αντιστήριξη των πρανών για την προστασία των όμορων κατασκευών. Επιπλέον, λόγω της πιθανότητας εποχιακής ανύψωσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ολόκληρος ο χώρος του υπογείου απαιτούσε τη χρήση στεγανού σκυροδέματος με ειδικά πρόσμικτα κρυσταλλοποίησης, την τοποθέτηση υδροδιογκούμενων κορδονιών σε όλους τους κατασκευαστικούς αρμούς διακοπής σκυροδέτησης (μεταξύ θεμελίωσης και τοιχίων), καθώς και την περιμετρική τοποθέτηση αποστραγγιστικών μεμβρανών για την παροχέτευση των υδάτων.
- **Κολυμβητική Δεξαμενή:** Η κατασκευή της πισίνας στον περιβάλλοντα χώρο λειτούργησε ως ανεξάρτητη κατασκευή. Λόγω της επαφής της με τα τοιχία του υπογείου, οι εκσκαφές και οι επιχώσεις έπρεπε να γίνουν προσεκτικά για να μην δημιουργηθούν ασύμμετρες ωθήσεις γαιών. Πραγματοποιήθηκε ανεξάρτητη σκυροδέτηση του μανδύα, ειδική μελέτη οπλισμού για την ανάληψη των υδροστατικών πιέσεων και απαιτητικά στάδια υγρομόνωσης, καθιστώντας τον υδροστατικό έλεγχο στεγανότητας «ανασταλτικό παράγοντα» για την εξέλιξη των τελικών επενδύσεων.

- Συστήματα Αυτοματισμού - Smart Home: Η απαίτηση για αυτοματοποιημένες "έξυπνες" λειτουργίες (φωτισμός, ρολά, κλιματισμός) οδήγησε σε ριζική αναβάθμιση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Τα εκτεταμένα δίκτυα ασθενών ρευμάτων αύξησαν κατακόρυφα την πυκνότητα των οδεύσεων, δημιουργώντας θέματα χωρητικότητας με τα δίκτυα κλιματισμού και ύδρευσης εντός των ψευδοροφών και των κατακόρυφων φρεατίων.
- Εξωτερική Θερμοπρόσοψη: Η εφαρμογή του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης είναι μια δραστηριότητα άμεσα εξαρτώμενη από το κλίμα. Ακραίες θερμοκρασίες ή υψηλά επίπεδα υγρασίας και βροχοπτώσεων απαγορεύουν την εφαρμογή των ρητινούχων επιχρισμάτων, καθιστώντας την εργασία εξαιρετικά ευάλωτη σε καιρικούς παράγοντες.

4.3 Δομική Ανάλυση Έργου

Το βασικό για την ορθή εφαρμογή της διαχείρισης του έργου κατά την κατασκευή αποτέλεσε η συστηματική διάσπαση του φυσικού αντικείμενου μέσω της Δομικής Ανάλυσης Έργου (WBS). Η ιεραρχική αυτή δομή εξασφαλίζει ότι δεν θα παραληφθεί κάποιο τμήμα του έργου κατά την κοστολόγηση.

Οι δραστηριότητες του έργου διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες:

α) οικοδομικές εργασίες

β) ηλεκτρομηχανολογικές (Η/Μ) εργασίες

Αναλυτικά οι κατηγορίες περιλαμβάνουν τις κάτωθι εργασίες:

- A. Οικοδομικές εργασίες:
 1. Χωματουργικά
 2. Σκυροδέματα – Ενισχύσεις
 3. Πλινθοδομές
 4. Επιχρίσματα
 5. Ξηρή Δόμηση
 6. Κουφώματα Αλουμινίου
 7. Ξυλουργικά – Ερμάρια
 8. Επιστρώσεις – Επενδύσεις – Μαρμαρικά

9. Επενδύσεις κολυμβητικής δεξαμενής και jacuzzi
 10. Μονώσεις
 11. Χρωματισμοί
 12. Εξωτερική θερμοπρόσοψη
 13. Διάφορα
- B. Η/Μ εργασίες:
1. Υδραυλική εγκατάσταση
 2. Ηλεκτρολογικές εργασίες
 3. Ενδοδαπέδια θέρμανση
 4. Κλιματισμός
 5. Εξοπλισμός πισίνας
 6. Ανελκυστήρας

Η ανάλυση σε 19 κύριες κατηγορίες αρχικά φαίνεται απλή. Αυτό το επίπεδο ορίστηκε ως Λογαριασμός Ελέγχου για την οικονομική παρακολούθηση και την εξαγωγή των δεικτών της μεθόδου EVM. Όσο γίνεται βαθύτερη ανάλυση των επιμέρους εργασιών όμως, παρατηρείται όλο και μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Για το συγκεκριμένο έργο μελετήθηκαν 77 επιμέρους εργασίες. Η ανάλυση αυτή (π.χ. στην κατηγορία "Σκυροδέματα", ανήκουν οι υποκατηγορίες "Θεμελίωση", "Πλάκα Υπογείου", "Κολώνες") προσέφερε την απαραίτητη λεπτομέρεια για τη λογική διασύνδεση των δραστηριοτήτων στο δίκτυο του χρονοδιαγράμματος. Επίσης, οι σχέσεις αλληλεξάρτησης (τέλος εργασίας - αρχή επόμενης) μπορούν να εφαρμοστούν στις επιμέρους εργασίες και όχι στις γενικευμένες κατηγορίες τους. Στο χρονικό προγραμματισμό, διακρίνονται πολλές περιπτώσεις που μια κατηγορία εργασίας δεν μπορεί να ολοκληρωθεί αν δεν έχει ολοκληρωθεί μια επιμέρους εργασία από κάποια επόμενη κατηγορία. Όσο πιο απλοποιημένη είναι μία ανάλυση, τόσες περισσότερες παραλείψεις θα έχει όσον αφορά στις εργασίες που προϋφίστανται άλλων εργασιών και μοιραία θα προκύψουν λάθη στον χρονικό προγραμματισμό του έργου. Αντίθετα, μια πολύ λεπτομερής ανάλυση με αρκετές επιμέρους εργασίες δημιουργεί μεγάλο φόρτο δεδομένων και πολυπλοκότητα, και άρα δυσκολία κατάρτισης του προγραμματισμού αλλά και της παρακολούθησής του. Συνεπώς, το «κλειδί» είναι να βρεθεί ο σωστός καταμερισμός των εργασιών ώστε να είναι εύκολη η παρακολούθηση του έργου χρονικά και οικονομικά.

Παρακάτω εμφανίζονται οι 77 εργασίες με την αντίστοιχη εκτιμώμενη διάρκεια καθεμιάς (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1: Κύριες Εργασίες Έργου και διάρκεια.

A/A	Περιγραφή Εργασίας	Διάρκεια (Εβδ.)
1	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ-ΧΑΡΑΞΕΙΣ	2
2	ΕΚΣΚΑΦΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	4
3	ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ & ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ	4
4	ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΙΣ, ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ)	4
5	ΜΠΕΤΟ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ	4
6	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	11
7	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΜΑΝΔΥΑ ΠΙΣΙΝΑΣ & ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ:	4
8	ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΓΕΙΩΣΗ	7
9	Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ & ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΣΤΑΘΜΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ)	7
10	Η/Μ Α' ΦΑΣΗΣ (ΧΩΝΕΥΤΑ ΠΙΣΙΝΑΣ)	4
11	ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	1
12	ΦΡΕΑΤΙΑ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ, ΛΥΜΑΤΩΝ & ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	7
13	ΚΑΝΑΛΙΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	4
14	ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ & ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ	4
15	ΑΝΑΜΟΝΕΣ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ	6
16	ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ	8
17	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΠΛΑΚΑΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	8
18	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (ΚΟΛΩΝΕΣ-ΔΟΚΑΡΙΑ-ΠΛΑΚΕΣ)	21
19	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΚΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ	9
20	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ (ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ, ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ)	18
21	ΧΤΙΣΙΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ & ΜΟΝΩΣΕΙΣ	17
22	ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΕΣ, ΓΕΜΙΣΜΑΤΑ ΔΑΠΕΔΩΝ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ ΠΛΗΝ ΘΕΡΜΟΜΠΕΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ	16
23	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ Α' ΦΑΣΗ	8
24	ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΚΟΝΙΟΔΕΜΑΤΑ ΔΩΜΑΤΩΝ (ΜΟΝΩΣΕΙΣ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΡΗΣΕΩΝ)	13
25	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ ΞΗΡΑΣ ΔΟΜΗΣΗΣ Α' ΦΑΣΗ (1η ΠΛΕΥΡΑ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ)	13
26	ΨΕΥΤΟΚΑΣΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ)	11
27	ΔΙΚΤΥΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ (ΚΟΥΤΙΑ, ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΛΠ)	10
28	ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ & ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ	10
29	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ 1ο ΧΕΡΙ ΠΕΤΑΧΤΟ	6
30	ΜΑΡΜΑΡΟΠΟΔΙΕΣ - ΚΑΤΩΚΑΣΙΑ	4
31	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ 2ο ΧΕΡΙ ΛΑΣΠΩΜΑ	8
32	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ 3ο ΧΕΡΙ ΨΙΛΟ (ΜΑΡΜΑΡΟ)	6
33	ΔΙΚΤΥΑ ΝΕΡΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ & ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ (ΔΑΠΕΔΑ-ΤΟΙΧΟΙ)	9
34	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ Η/Μ & ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	5

35	ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΡΕΜΕΤΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΛΠ	5
36	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ (ΠΟΡΤΕΣ, ΠΑΡΑΘΥΡΑ, ΥΑΛΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ)	8
37	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ - ΓΚΑΡΑΖΟΠΟΡΤΕΣ - ΡΟΛΛΑ	8
38	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ ΞΗΡΑΣ ΔΟΜΗΣΗΣ Β' ΦΑΣΗ (ΚΛΕΙΣΙΜΟ 2ης ΠΛΕΥΡΑΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ)	7
39	ΣΚΑΛΩΣΙΕΣ - ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ	12
40	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ - ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ	10
41	ΤΕΛΙΚΗ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΠΙΣΙΝΑΣ (ΤΣΙΜΕΝΤΟΕΙΔΗ/ΡΗΤΙΝΕΣ)	2
42	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	4
43	ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ	8
44	ΜΑΡΜΑΡΙΚΑ (ΔΑΠΕΔΑ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ, ΣΚΑΛΕΣ, ΣΟΒΑΤΕΠΙ ΚΛΠ)	12
45	ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΚΑΙ ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΑΠΕΔΟΥ - ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	8
46	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΙΣΙΝΑΣ (ΠΛΑΚΑΚΙ, ΨΗΦΙΔΑ, Η LINER) & ΕΠΙΧΕΙΛΙΑ (ΜΑΡΜΑΡΑ/ΚΡΑΣΠΕΔΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ	8
47	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ (ΔΑΠΕΔΑ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ)	8
48	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΞΥΛΙΝΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ	9
49	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ (ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΠΑΓΚΟΙ ΚΛΠ)	7
50	ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΙΚΑ - ΚΙΓΚΛΙΔΩΜΑΤΑ - ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	11
51	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ Β' ΦΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ-ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ-ΘΑΛΑΜΟΙ	4
52	ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ - (ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΠΕΤΑ)	11
53	ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ Α' ΦΑΣΗ ΟΔΗΓΟΙ - ΠΛΕΓΜΑΤΑ	5
54	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Η/Μ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ	9
55	ΑΕΡΑΓΩΓΟΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	9
56	ΣΧΑΡΕΣ & ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	9
57	ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	9
58	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ (ΠΡΙΖΟΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΚΛΠ)	9
59	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΧΩΝΕΥΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΩΝ	9
60	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ & ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	7
61	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΥ ΣΤΙΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ (ΣΤΟΜΙΑ, ΠΥΡΑΝΙΧΝ. ΚΛΠ)	11
62	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	13
63	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	11
64	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ (ΕΠΙΤΟΙΧΑ-ΟΡΟΦΗΣ-ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ)	8
65	ΣΥΝΔΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ & ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΩΝ	6
66	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΔΩΝ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΚΡΟΥΝΟΠΟΙΙΑΣ	16
67	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	8
68	Η/Μ Β' ΦΑΣΗΣ & ΤΕΛΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΙΣΙΝΑΣ (ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ ΠΙΣΙΝΑΣ & ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ, ΓΕΜΙΣΜΑ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)	12

69	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ ΥΔΡΟΡΡΟΩΝ	7
70	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΘΟΔΟΥ, ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ	7
71	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΕΠΙΤΟΙΧΟΥ & ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Η/Μ (ΗΛΕΚΤΡ. ΥΔΡΑΥΛ. ΘΕΡΜ. ΠΥΡΑΣΦ. ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ ΚΛΠ)	17
72	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Η/Μ (ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΚΕΡΑΙΕΣ ΚΛΠ)	10
73	ΣΥΝΔΕΣΗ Η/Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΕΡΙΒ. ΧΩΡΟΥ (ΔΕΗ, ΟΤΕ, ΥΔΡΕΥΣΗ, ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ & ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ)	14
74	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Υ/Σ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (Μ/Σ, Η/Ζ, ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΤ & ΧΤ ΚΛΠ)	18
75	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ Γ' ΦΑΣΗ ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΑ ΠΟΡΤΕΣ-ΚΟΜΒΙΟΔΟΧΟΙ	9
76	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ	8
77	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ & ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ Η/Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	10

4.4 Χρονικός Προγραμματισμός (Gantt)

Αφού ολοκληρώθηκε η ανάλυση του έργου σε επιμέρους εργασίες, η καταγραφή της διάρκειάς τους και αναλύθηκαν οι σχέσεις αλληλεξάρτησης μεταξύ τους, ακολουθεί η διαμόρφωση του διαγράμματος Gantt ώστε να ολοκληρωθεί το χρονοδιάγραμμα εργασιών, να βρεθεί η κρίσιμη διαδρομή και τα περιθώρια της κάθε εργασίας.

Η ανάπτυξη του αρχικού χρονοδιαγράμματος βασίστηκε στη Μέθοδο Κρίσιμης Διαδρομής (CPM). Οι 77 δραστηριότητες συνδέθηκαν λογικά, κυρίως με σχέσεις «Λήξης-Έναρξης» (Finish-to-Start), αποτυπώνοντας την κατασκευαστική λογική (π.χ. οι τοιχοποιίες έπονται του σκελετού, τα επιχρίσματα έπονται των σωληνώσεων).

Η συνολική διάρκεια του έργου εκτιμήθηκε στις 72 εβδομάδες (18 μήνες). Μέσω της ανάλυσης του δικτύου, αναδείχθηκε η Κρίσιμη Διαδρομή, ήτοι η αλληλουχία εργασιών με μηδενικό συνολικό περιθώριο. Η διαδρομή αυτή αποτελείται από τις Εκσκαφές, τον Φέροντα Οργανισμό, τα Δίκτυα Η/Μ Α' Φάσης (εγκατάσταση σωληνώσεων), τα Επιχρίσματα, τη Θερμοπρόσοψη, τις τελικές Δοκιμές και Συνδέσεις Κοινής Ωφέλειας (ΔΕΔΔΗΕ). Παρακάτω, φαίνεται εποπτικά το διάγραμμα Gantt (**Σχήμα 4.2**). Αναλυτικά φαίνεται στο Παράρτημα Β: Διαγράμματα Gantt.

Σχήμα 4.2: Χρονοδιάγραμμα αναφοράς (Baseline).

Η διαμόρφωση ενός τέτοιου χρονοδιαγράμματος βασίζεται κατά κύριο λόγο στην τεχνογνωσία των υπεύθυνων μηχανικών του έργου. Το βασικότερο είναι η λεπτομερής και ορθή καταγραφή όλων των εργασιών με τις αντίστοιχες διάρκειες της καθεμίας.

4.5 Οικονομικός Προγραμματισμός (Budget)

Παράλληλα με το χρονοδιάγραμμα, καταρτίστηκε ο προϋπολογισμός ολοκλήρωσης (BAC) συνολικής καθαρής δαπάνης 800.000 €. Οι πλέον κοστοβόρες κατηγορίες αναδείχθηκαν ο Φέρων Οργανισμός (80.000 €), οι Ηλεκτρολογικές Εργασίες (77.000 €) και η Ξηρή Δόμηση (70.000 €). Ο προϋπολογισμός αυτός καθορίστηκε ως η Γραμμή Βάσης Κόστους (Cost Baseline) (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.2: Προϋπολογισμός Εργασιών.

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΔΑΠΑΝΗ
A	ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1.	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ Εκσκαφές Εκσκαφή πισίνας Διαμορφώσεις περιβάλλοντος χώρου ΣΥΝΟΛΟ	15.000,00
2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ Φέρον οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα ποιότητας C25/30 Στηθαία εξωστών οπλισμένου σκυροδέματος Πισίνα ΣΥΝΟΛΟ	80.000,00
3	ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ Διπλές Δρομικές πλινθοδομές Σενάζ μπατικά Δρομικές πλινθοδομές Σενάζ δρομικά ΣΥΝΟΛΟ	23.000,00
4	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ Επιχρίσματα εσωτερικά ,τριων στρώσεων Επίχρισμα πεταχτό στην εσωτερική πλευρά των εξωτερικών τοίχων ΣΥΝΟΛΟ	7.000,00

5	ΞΗΡΗ ΔΟΜΗΣΗ Χώρισμα γυψοσανίδας με σκελετό CW 50, 2+2 με μόνωση πετροβάμβακα 40kg/m ³ και συνολικού πάχους 100mm Επένδυση γυψοσανίδας 2+0 με μόνωση πετροβάμβακα Επένδυση υαλοσανίδας 1+0 χωρίς μόνωση Κατασκευή κούτελων απλής γυψοσανίδας τύπου Ι Κατασκευή κούτελων απλής γυψοσανίδας τύπου Γ Κατασκευή κούτελων απλής γυψοσανίδας τύπου Π Κατασκευή κούτελων υαλοσανίδας τύπου Ι Επιβάρυνση αντικατάστασης απλής γυψοσανίδας από ανθυγρά ή πυράντοχη ανά φύλλο Κατασκευή οροφής από απλή γυψοσανίδα Κατασκευή οροφής από ανθυγρά γυψοσανίδα Κατασκευή οροφής από υαλοσανίδα Θυρίδες επίσκεψης στις ψευδοροφές γυψοσανίδων 40Χ40 Σκοτίες περιμετρικά των οροφών στην ένωση με τις τοιχοποιίες και στα δάπεδα στα σοβατεπιά ΣΥΝΟΛΟ	70.000,00
6	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΣΥΝΟΛΟ	58.000,00
7	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ - ΕΡΜΑΡΙΑ Εσωτερικές ξύλινες θύρες Ερμάρια Υ/Δ Κουζίνες Έπιπλα λουτρών ΣΥΝΟΛΟ	60.000,00
8	ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ - ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ-ΜΑΡΜΑΡΙΚΑ Βιομηχανικά δάπεδα στο parking υπογείου Ράμπα υπογείου Επενδύσεις περιβάλλοντος χώρου ισογείου Επενδύσεις εξωστών Ξύλινες επενδύσεις δαπέδων Επενδύσεις λουτρών Γεμίσματα δαπέδων Τσιμεντοκονία στους υγρούς χώρους Σοβατεπί Επενδύσεις εσωτερικών κλιμάκων από Επενδύσεις κλιμάκων κεντρικού κλιμακοστασίου και πλατυσκάλων Επενδύσεις εξωτερικών κλιμάκων Επενδύσεις υπογείου ΣΥΝΟΛΟ	68.000,00
9	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ & JACUZZI Στεγανοποίηση και Επενδύσεις πισίνας Επιπλέον επιβάρυνση για την επένδυση των σκαλοπατιών Στεγανοποίηση και επενδύσεις jacuzzi ΣΥΝΟΛΟ	14.000,00
10	ΜΟΝΩΣΕΙΣ	

	Στεγάνωση πλάκας υπογείου με φύλλα πολυαιθυλενίου βάρους 200gr/m² Επάλειψη με τιμεντοειδές υλικό στα τοιχεία των υπογείων που αποκαλύπτονται μετά την εκσκαφή για τη δημιουργία αποστράγγισης και τοποθέτηση αποστραγγιστικής αυγουλιέρας Μονώσεις στα τοιχεία υπογείων με την χρήση penetron admix sb Μόνωση των εσωτερικών υγρών χώρων (ντουζιέρες, jacuzzi κλπ) Προμήθεια και τοποθέτηση γεωύφασματος βάρους 200 gr/m² Θερμομόνωση και στεγάνωση του φυτεμένου δώματος Στεγάνωση της οροφής υπογείου στο υπαίθριο καθιστικό και τον περιβάλλοντα χώρο Στεγάνωση του υπαίθριου εξώστη Β' ορόφου Στεγανοποίηση ζαρτινιέρας δώματος Θερμομόνωση και στεγάνωση της απόληξης του δώματος ΣΥΝΟΛΟ	25.000,00
11	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ Εσωτερικοί σπατουλαριστοί Χρωματισμοί ξύλινων θυρών , ερμαρίων κλπ Χρωματισμοί μεταλλικών κατασκευών (κιγκλιδώματα, θύρες κλπ) ΣΥΝΟΛΟ	52.000,00
12	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ Εφαρμογή συστήματος θερμομόνωσης Εφαρμογή συστήματος αντιρρηγματικής προστασίας Δημιουργία Ζώνης Στεγάνωσης Διαμόρφωση Λαμπάδων και πρεκιών Διαμόρφωση ακμών Διαμόρφωση νεροσταλλάκτη ΣΥΝΟΛΟ	55.000,00
13	ΔΙΑΦΟΡΑ Κατασκευή τζακιών Κατασκευή φρεατίων από δακτύλιους για το drainage στο επίπεδο της θεμελίωσης Προμήθεια δακτυλίων από ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 2μ Ικρίωματα Μερεμέτια - καθαρισμοί ΣΥΝΟΛΟ	14.000,00
	ΣΥΝΟΛΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	541.000,00
B	Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	
14	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Αποχέτευση λυμάτων Αποχέτευση ομβρίων Υδρευση - Ηλιακά Τοποθέτηση ειδών υγιεινής και κρουνοποιίας Σύνολο	60.000,00
15	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	

	Φωτισμός Ισχυρά ρεύματα Παροχές πινάκων και μηχανημάτων Προμήθεια ηλεκτρικών πινάκων Ασθενή ρεύματα TV - SAT Συστήματα ασφαλείας Συστήματα καμερών Συστήματα θυροτηλεόρασης ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ	77.000,00
16	ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ Εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης ΣΥΝΟΛΟ	45.000,00
17	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ Προμήθεια μηχανημάτων συμπεριλαμβανομένων ψυκτικών σωληνώσεων Προμήθεια και εγκατάσταση αεραγωγών και στομιών ΣΥΝΟΛΟ	32.000,00
18	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΙΣΙΝΑΣ Εξοπλισμός συστήματος ανακυκλοφορίας και καθαρισμού της κολυμβητικής δεξαμενής. Υλικά για την υδραυλική διασύνδεση για τη λειτουργία της δεξαμενής Υλικά για την ηλεκτρική διασύνδεση για τη λειτουργία της δεξαμενής Εργασίες υδραυλικής και ηλεκτρολογικής διασύνδεσης της κολυμβητικής δεξαμενής ΣΥΝΟΛΟ	12.000,00
19	ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ Προμήθεια και εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού του κοινόχρηστου υδραυλικού ανελκυστήρα και του θαλάμου του σύμφωνα με την Η/Μ μελέτη. Προμήθεια και εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού του ιδιωτικού υδραυλικού ανελκυστήρα και του θαλάμου του σύμφωνα με την Η/Μ μελέτη. ΣΥΝΟΛΟ	33.000,00
	ΣΥΝΟΛΟ Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	259.000,00
	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ (πλέον ΦΠΑ)	800.000,00

4.6 Χρηματοροές

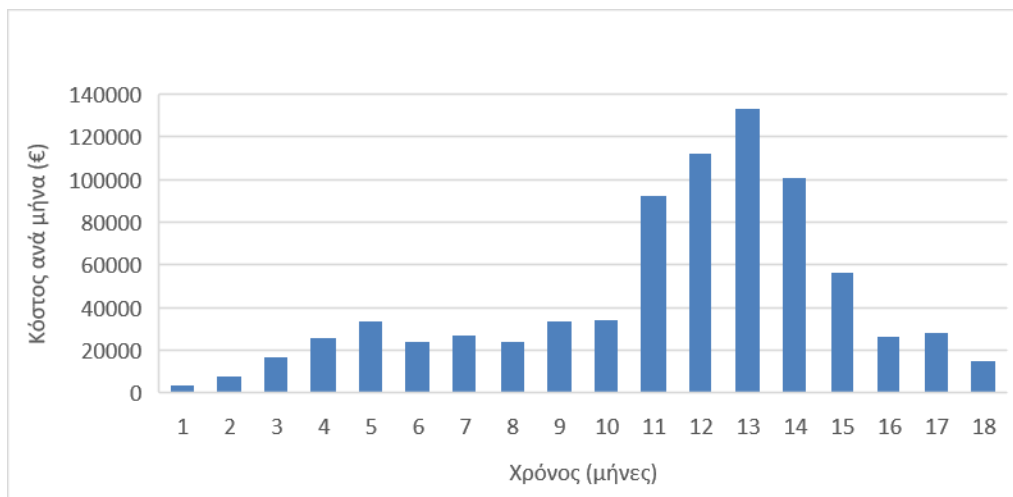
Λόγω του μεγάλου όγκου του έργου αποτυπώσαμε με βάση τον πίνακα προϋπολογισμού, το fixed cost του έργου. Για την απλοποίηση των υπολογισμών και την εξαγωγή των δεικτών της μεθόδου EVM, υιοθετήθηκε η παραδοχή της γραμμικής κατανομής του κόστους. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι ο προϋπολογισμός κάθε εργασίας απορροφάται με σταθερό ρυθμό καθ' όλη τη διάρκεια

εκτέλεσής της, με αποτέλεσμα το κόστος να επιμερίζεται ισόποσα σε κάθε ενεργή εβδομάδα (Σχήμα 4.3, Σχήμα 4.4). Αναλυτικά φαίνεται στο Παράρτημα Β: Διαγράμματα Gantt.

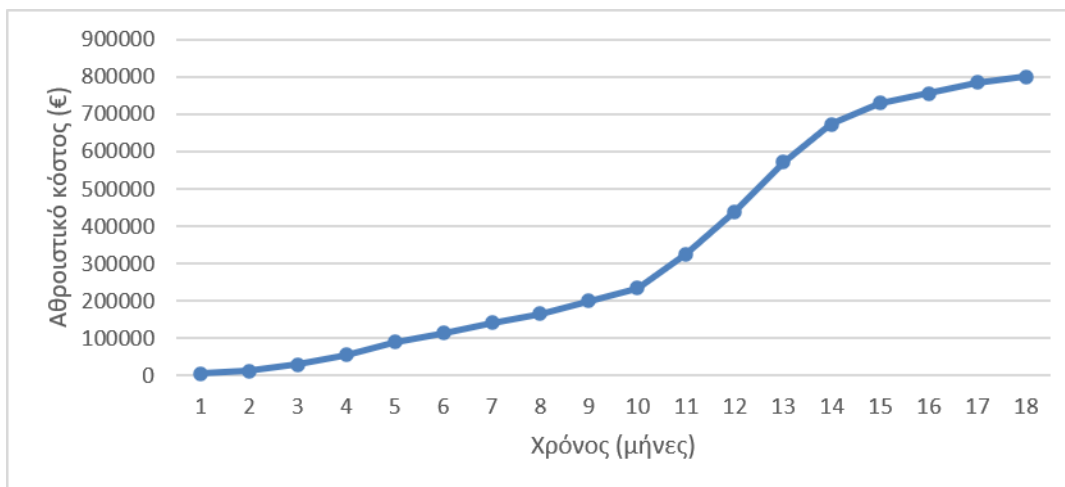
Σχήμα 4.3: Κατανομή δαπανών έργου (Baseline).

Σχήμα 4.4: Κατανομή δαπανών έργου ανά κατηγορία (Baseline).

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο **Σχήμα 4.3** και **Σχήμα 4.4**, διαμορφώνεται το διάγραμμα μεταβολής του μηνιαίου προϋπολογισθέντος κόστους σε σχέση με το χρόνο (**Σχήμα 4.5**). Με την κατανομή του προϋπολογισμένου κόστους επάνω στον άξονα του χρόνου (σύμφωνα με τις προγραμματισμένες εβδομάδες του Baseline), παρήχθη η καμπύλη της Προγραμματισμένης Αξίας (Planned Value - PV ή BCWS). Η αθροιστική καμπύλη PV παρουσίασε το θεωρητικό, κλασικό σχήμα "S" (S-Curve) (**Σχήμα 4.6**): ομαλή απορρόφηση κεφαλαίων στους πρώτους 2 μήνες (εκσκαφές, θεμελίωση), επιθετική αύξηση της κλίσης μεταξύ 6ου και 14ου μήνα (εκτέλεση παράλληλων εργασιών εσωτερικών δικτύων και τελειωμάτων) και σταδιακή επιπέδωση προς τον 18ο μήνα κατά τις τελικές δοκιμές και παραδόσεις.



Σχήμα 4.5: Προϋπολογισθέν κόστος ως προς το χρόνο (Baseline).



Σχήμα 4.6: Καμπύλη S προϋπολογισθέντος κόστους (Baseline).

5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΟΔΟΥ - ΑΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κατά τη φάση υλοποίησης ενός έργου, απαιτείται συστηματικός έλεγχος της προόδου του ώστε να διασφαλίζεται η εφαρμογή της βέλτιστης ροής εκτέλεσης η οποία έχει καθοριστεί από τον προγραμματισμό του έργου (Χασιακός Α., Θεοδωρακόπουλος Δ., 2003).

5.1 Ιστορικό Κατασκευής

Στη φάση υλοποίησης, το έργο ήρθε αντιμέτωπο με διάφορες καθυστερήσεις. Ο αρχικός σχεδιασμός ανετράπη πλήρως και το κτίριο παραδόθηκε την 96η εβδομάδα (24ος μήνας), καταγράφοντας συνολική χρονική υπέρβαση 6 μηνών (33% σε σχέση με το αρχικό πλάνο) (**Πίνακας 5.1**). Η υστέρηση αυτή δεν προέκυψε από γενικευμένη χαμηλή παραγωγικότητα, αλλά από πέντε (5) διακριτά, απότομα γεγονότα, τα οποία "χτύπησαν" όλα πάνω στην Κρίσιμη Διαδρομή:

- Γεγονός 1 (Γεωλογικό Ρίσκο - Εβδομάδα. 2): Κατά τις εκσκαφές εντοπίστηκε συμπαγής βραχώδης σχηματισμός που δεν είχε προβλεφθεί. Η εξόρυξή του απαίτησε υδραυλική σφύρα, μειώνοντας τον ημερήσιο ρυθμό εκσκαφής και επιφέροντας καθυστέρηση +4 εβδομάδων.
- Γεγονός 2 (Αλλαγή Εύρους/Scope Creep - Εβδομάδα 37): Απαίτηση του κυρίου του έργου για εκ των υστέρων εγκατάσταση συστημάτων Smart Home. Απαίτησε νέες χαράξεις, μερεμέτια στα ήδη χτισμένα τούβλα και αναμονή υλικών, επιφέροντας +6 εβδομάδες.
- Γεγονός 3 (Καιρικά Φαινόμενα - Εβδομάδα 51): Ακραίες και παρατεταμένες βροχοπτώσεις ανέστειλαν πλήρως την εφαρμογή της θερμοπρόσοψης (+4 εβδομάδες).
- Γεγονός 4 (Αστοχία Ποιότητας - Εβδομάδα 65): Η κολυμβητική δεξαμενή απέτυχε στον υδροστατικό έλεγχο. Απαιτήθηκε άδειασμα, ενέσεις ρητινών στεγάνωσης, χρόνος ωρίμανσης και νέος έλεγχος (+6 εβδομάδες).
- Γεγονός 5 (Γραφειοκρατία - Εβδομάδα 71): Καθυστερήσεις εκ μέρους του ΔΕΔΔΗΕ στην κατασκευή της οριστικής παροχής σύνδεσης του κτιρίου στο δίκτυο (+4 εβδομάδες).

Βάσει του χρονοδιαγράμματός και του τρόπου που «αθροίστηκαν» οι καθυστερήσεις (από τις 72 στις 96 εβδομάδες, δηλαδή ακριβώς +24 εβδομάδες από τα 5 γεγονότα), αποδεικνύεται ότι και τα 5 γεγονότα καθυστέρησης ανήκαν στην Κρίσιμη Διαδρομή.

Πίνακας 5.1: Υλοποιηθείσα διάρκεια εργασιών.

Α/Α	Περιγραφή Εργασίας	Διάρκεια (Εβδ.)	Παρατηρήσεις / Καθυστερήσεις
1	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ-ΧΑΡΑΞΕΙΣ	2	
2	ΕΚΣΚΑΦΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	8	ΓΕΓΟΝΟΣ 1: Εντοπισμός βράχου (+4 εβδ.)
3	ΕΚΣΚΑΦΗ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ & ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ	4	
4	ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΙΣ, ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ)	4	
5	ΜΠΕΤΟ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ	4	
6	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	11	
7	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΜΑΝΔΥΑ ΠΙΣΙΝΑΣ & ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ:	4	
8	ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΓΕΙΩΣΗ	7	
9	Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ & ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΣΤΑΘΜΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ)	7	
10	Η/Μ Α' ΦΑΣΗΣ (ΧΩΝΕΥΤΑ ΠΙΣΙΝΑΣ)	4	
11	ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	1	
12	ΦΡΕΑΤΙΑ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ, ΛΥΜΑΤΩΝ & ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	7	
13	ΚΑΝΑΛΙΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	4	
14	ΜΟΝΩΣΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ & ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ	4	
15	ΑΝΑΜΟΝΕΣ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ	6	
16	ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ	8	
17	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΠΛΑΚΑΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	8	
18	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (ΚΟΛΩΝΕΣ-ΔΟΚΑΡΙΑ-ΠΛΑΚΕΣ)	21	
19	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΚΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ	9	
20	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ (ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ, ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ)	18	
21	ΧΤΙΣΙΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ & ΜΟΝΩΣΕΙΣ	17	
22	ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΕΣ, ΓΕΜΙΣΜΑΤΑ ΔΑΠΕΔΩΝ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ ΠΛΗΝ ΘΕΡΜΟΜΠΕΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ	16	
23	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ Α' ΦΑΣΗ	8	
24	ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΚΟΝΙΟΔΕΜΑΤΑ ΔΩΜΑΤΩΝ (ΜΟΝΩΣΕΙΣ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΡΗΣΕΩΝ)	13	
25	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ ΞΗΡΑΣ ΔΟΜΗΣΗΣ Α' ΦΑΣΗ (1η ΠΛΕΥΡΑ ΓΥΨΟΞΑΝΙΔΑΣ)	13	
26	ΨΕΥΤΟΚΑΣΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ (ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ)	11	

27	ΔΙΚΤΥΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ (ΚΟΥΤΙΑ, ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΛΠ)	16	ΓΕΓΟΝΟΣ 2: Αλλαγή σχεδίων & μερεμέτια (+6 εβδ.)
28	ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ & ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ	10	
29	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ 1ο ΧΕΡΙ ΠΕΤΑΧΤΟ	6	
30	ΜΑΡΜΑΡΟΠΟΔΙΕΣ - ΚΑΤΩΚΑΣΙΑ	4	
31	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ 2ο ΧΕΡΙ ΛΑΣΠΩΜΑ	8	
32	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ 3ο ΧΕΡΙ ΨΙΛΟ (ΜΑΡΜΑΡΟ)	6	
33	ΔΙΚΤΥΑ ΝΕΡΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ & ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ (ΔΑΠΕΔΑ-ΤΟΙΧΟΙ)	9	
34	ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ Η/Μ & ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	5	
35	ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΡΕΜΕΤΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΛΠ	5	
36	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ (ΠΟΡΤΕΣ, ΠΑΡΑΘΥΡΑ, ΥΑΛΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ)	8	
37	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ - ΓΚΑΡΑΖΟΠΟΡΤΕΣ - ΡΟΛΛΑ	8	
38	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΧΩΡΙΣΜΑΤΑ ΞΗΡΑΣ ΔΟΜΗΣΗΣ Β' ΦΑΣΗ (ΚΛΕΙΣΙΜΟ 2ης ΠΛΕΥΡΑΣ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑΣ)	7	
39	ΣΚΑΛΩΣΕΙΣ - ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΟΒΑΝΤΙΣΜΑΤΑ	12	
40	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ - ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ	14	ΓΕΓΟΝΟΣ 3: Ακραία καιρικά φαινόμενα (+4 εβδ.)
41	ΤΕΛΙΚΗ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΠΙΣΙΝΑΣ (ΤΣΙΜΕΝΤΟΕΙΔΗ/ΡΗΤΙΝΕΣ)	8	ΓΕΓΟΝΟΣ 4: Αστοχία υδροστατικού ελέγχου πισίνας (+6 εβδ.)
42	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	4	
43	ΕΙΔΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ Α' ΦΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΑ	8	
44	ΜΑΡΜΑΡΙΚΑ (ΔΑΠΕΔΑ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ, ΣΚΑΛΕΣ, ΣΟΒΑΤΕΠΙ ΚΛΠ)	12	
45	ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΚΑΙ ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΑΠΕΔΟΥ - ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ	8	
46	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΙΣΙΝΑΣ (ΠΛΑΚΑΚΙ, ΨΗΦΙΔΑ, Η LINER) & ΕΠΙΧΕΙΛΙΑ (ΜΑΡΜΑΡΑ/ΚΡΑΣΠΕΔΑ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ	8	
47	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ (ΔΑΠΕΔΑ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ)	8	
48	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΞΥΛΙΝΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ	9	
49	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ (ΝΤΟΥΛΑΠΕΣ-ΠΑΓΚΟΙ ΚΛΠ)	7	
50	ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΙΚΑ - ΚΙΓΚΛΙΔΩΜΑΤΑ - ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	11	
51	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ Β' ΦΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ-ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ-ΘΑΛΑΜΟΙ	4	
52	ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ - (ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΠΕΤΑ)	11	
53	ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ Α' ΦΑΣΗ ΟΔΗΓΟΙ - ΠΛΕΓΜΑΤΑ	5	

54	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Η/Μ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ	9	
55	ΑΕΡΑΓΩΓΟΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	9	
56	ΣΧΑΡΕΣ & ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	9	
57	ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΕΝΤΟΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	9	
58	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ (ΠΡΙΖΟΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΚΛΠ)	9	
59	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΧΩΝΕΥΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΩΝ	9	
60	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΩΝΕΥΤΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ & ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	7	
61	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΥ ΣΤΙΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΕΣ (ΣΤΟΜΙΑ, ΠΥΡΑΝΙΧΝ. ΚΛΠ)	11	
62	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	13	
63	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΨΕΥΔΟΡΟΦΩΝ	11	
64	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ (ΕΠΙΤΟΙΧΑ-ΟΡΟΦΗΣ-ΨΕΥΔΟΡΟΦΗΣ)	8	
65	ΣΥΝΔΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ & ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΩΝ	6	
66	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΔΩΝ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΚΡΟΥΝΟΠΟΙΙΑΣ	16	
67	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	8	
68	Η/Μ Β' ΦΑΣΗΣ & ΤΕΛΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΙΣΙΝΑΣ (ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ ΠΙΣΙΝΑΣ & ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ, ΓΕΜΙΣΜΑ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ)	12	
69	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ ΥΔΡΟΡΡΩΝ	7	
70	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΘΟΔΟΥ, ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ	7	
71	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΕΠΙΤΟΙΧΟΥ & ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Η/Μ (ΗΛΕΚΤΡ. ΥΔΡΑΥΛ. ΘΕΡΜ. ΠΥΡΑΣΦ. ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ ΚΛΠ)	17	
72	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Η/Μ (ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, ΚΕΡΑΙΕΣ ΚΛΠ)	10	
73	ΣΥΝΔΕΣΗ Η/Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΕΡΙΒ. ΧΩΡΟΥ (ΔΕΗ, ΟΤΕ, ΥΔΡΕΥΣΗ, ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ & ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ)	18	ΓΕΓΟΝΟΣ 5: Καθυστέρηση σύνδεσης ΟΚΩ/ΔΕΔΔΗΕ (+4 εβδ.)
74	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ Υ/Σ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (Μ/Σ, Η/Ζ, ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΤ & ΧΤ ΚΛΠ)	18	
75	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ Γ' ΦΑΣΗ ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΑ ΠΟΡΤΕΣ-ΚΟΜΒΙΟΔΟΧΟΙ	9	
76	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ	8	
77	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ & ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ Η/Μ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	10	

Επιγραμματικά, η Κρίσιμη Διαδρομή του έργου – δηλαδή η αλυσίδα των εργασιών που δεν έχουν κανένα χρονικό περιθώριο και καθορίζουν την τελική ημερομηνία παράδοσης – απαρτίζεται από τις εξής βασικές εργασίες:

- Εργασία 1: Τοπογραφικά - Χαράξεις
- Εργασία 2: Εκσκαφές Θεμελίωσης (Γεγονός 1: Βράχος)
- Εργασία 6: Σκυροδέματα Θεμελίωσης
- Εργασία 18: Σκυροδέτηση Φέροντα Οργανισμού (Κολώνες - Πλάκες)
- Εργασία 21: Χτισίματα Εξωτερικά & Μονώσεις (Πλινθοδομές)
- Εργασία 27: Δίκτυα Ηλεκτρολογικά Α' Φάσης (Γεγονός 2: Smart Home)
- Εργασίες 31 & 32: Εσωτερικά Σοβαντίσματα (Λάσπωμα & Ψιλό)
- Εργασία 40: Εξωτερικοί Χρωματισμοί - Θερμοπρόσοψη (Γεγονός 3: Καιρός)
- Εργασία 41: Τελική Στεγανοποίηση Πισίνας (Γεγονός 4: Αστοχία Υλικού)
- Εργασία 46 & 68: Επενδύσεις Πισίνας & Τελικές Δοκιμές Μηχανοστασίου
- Εργασία 73: Σύνδεση Η/Μ με Κεντρικά Δίκτυα / ΔΕΔΔΗΕ (Γεγονός 5: Γραφειοκρατία)
- Εργασία 77: Λειτουργικές Δοκιμές & Ρυθμίσεις Η/Μ

Αν αναλύσουμε τη ροή του κτιριακού έργου, η Κρίσιμη Διαδρομή διαμορφώνεται χονδρικά από τα εξής στάδια:

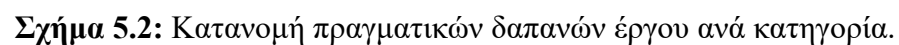
1. Φάση Εκκίνησης & Φέροντος Οργανισμού (Σκελετός)
 - Εργασία 1: Τοπογραφικά - Χαράξεις
 - Εργασία 2: Εκσκαφές Θεμελίωσης (γεγονός 1 - βράχος). Η καθυστέρηση των 4 εβδομάδων μετατόπισε αμέσως την έναρξη των σκυροδεμάτων.
 - Εργασία 6 & 18: Σκυροδέματα (Θεμελίωση & Ανωδομή). Κατά την σκυροδέτηση, καμία άλλη εσωτερική εργασία δεν μπορούσε να προχωρήσει.
2. Φάση Οπτοπλινθοδομών & Δικτύων (Η/Μ Α' Φάσης)
 - Εργασία 21: Χτισίματα Εξωτερικά & Εσωτερικά (Πλινθοδομές).
 - Εργασία 27: Δίκτυα Ηλεκτρολογικά Α' Φάση (γεγονός 2 - smart home). Μια Finish-to-Start εξάρτηση. Χωρίς να περαστούν οι σωλήνες των καλωδίων στους τοίχους, οι σοβατζήδες δεν μπορούσαν να ξεκινήσουν. Η καθυστέρηση 6 εβδομάδων μεταφέρθηκε αυτούσια στο έργο.
3. Φάση Επικαλύψεων & Μονώσεων

- ο Εργασία 31 & 32: Εσωτερικά Σοβαντίσματα.
 - ο Εργασία 22: Τσιμεντοκονίες / Γεμίσματα Δαπέδων.
 - ο Εργασία 40: Εξωτερικοί Χρωματισμοί - Θερμοπρόσοψη (γεγονός 3 - καιρός). Η θερμοπρόσοψη είναι κρίσιμη για να κλείσει το "κέλυφος" του κτιρίου, να απεγκατασταθούν τα ικριώματα (Εργ. 39) και να προχωρήσουν οι εξωτερικές διαμορφώσεις. Η βροχή έφερε καθυστέρηση +4 εβδομάδες.
4. Φάση Ειδικών Κατασκευών & Τελειωμάτων
- ο Εργασία 41: Τελική Στεγανοποίηση Πισίνας (γεγονός 4 - αστοχία). Αν και συχνά η πισίνα έχει χρονικό περιθώριο (float), στο δικό μας As-Built η αστοχία της την έβαλε στο Κρίσιμο Μονοπάτι, καθώς χωρίς τη στεγάνωση δεν μπορούσε να μπει η τελική επένδυση (Εργ. 46) και να γίνουν οι δοκιμές της πισίνας (Εργ. 68), προσθέτοντας +6 εβδομάδες.
 - ο Εργασίες 45, 47, 48: Πλακάκια, Ξυλουργικά, Εσωτερικά Κουφώματα.
5. Φάση Συνδέσεων & Παράδοσης
- ο Εργασία 73: Σύνδεση Η/Μ με δίκτυα / ΔΕΔΔΗΕ (γεγονός 5 - γραφειοκρατία). Τυπικό πρόβλημα στα ελληνικά έργα. Αν δεν ρευματοδοτηθεί το κτίριο από τον ΔΕΔΔΗΕ (+4 εβδομάδες), δεν μπορεί να γίνει το τελικό βήμα.
 - ο Εργασία 77: Λειτουργικές Δοκιμές & Ρυθμίσεις (Τελευταία εργασία, Εβδομάδα 96).

Το γεγονός ότι η χρονική υπέρβαση του έργου (24 εβδομάδες) ισούται ακριβώς με το άθροισμα των 5 γεγονότων καθυστέρησης, αποδεικνύει ότι η Διεύθυνση του Έργου απέτυχε να διατηρήσει τα γεγονότα αυτά εκτός Κρίσιμης Διαδρομής ή να τα αναπληρώσει μέσω τεχνικών συμπίεσης.

Παρακάτω (**Σχήμα 5.1, Σχήμα 5.2**) παρουσιάζεται το υλοποιηθέν διάγραμμα Gantt (As-Built), στο οποίο αποτυπώνεται αναλυτικά η χρονική κατανομή των πραγματικών/απολογιστικών δαπανών (Actual Costs) του έργου, τόσο στο σύνολό του όσο και ανά επιμέρους κατηγορία εργασιών. Αναλυτικά φαίνεται στο Παράρτημα Β: Διαγράμματα Gantt.

Σχήμα 5.1: Κατανομή πραγματικών δαπανών έργου.



5.2 Απολογιστικό Κόστος

Η υπέρβαση του χρονοδιαγράμματος οδήγησε, όπως ήταν αναμενόμενο, σε υπέρβαση προϋπολογισμού. Το Απολογιστικό Κόστος (Actual Cost - ACWP) με το πέρας των 96 εβδομάδων υπολογίστηκε στις 864.500 €, σημειώνοντας συνολική οικονομική υπέρβαση περίπου 8% (Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.2: Πίνακας πραγματικών δαπανών.

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΥΛΟΠΟΙΗΘΕΙΣΣ ΔΑΠΑΝΕΣ
A	ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1.	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ Εκσκαφές Εκσκαφή πισίνας Διαμορφώσεις περιβάλλοντος χώρου ΣΥΝΟΛΟ	18.000,00
2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ Φέρον οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα ποιότητας C25/30 Στηθαία εξωστών οπλισμένου σκυροδέματος Πισίνα ΣΥΝΟΛΟ	100.000,00
3	ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ Διπλές Δρομικές πλινθοδομές Σενάζ μπατικά Δρομικές πλινθοδομές Σενάζ δρομικά ΣΥΝΟΛΟ	15.000,00
4	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ Επιχρίσματα εσωτερικά ,τριων στρώσεων Επίχρισμα πεταχτό στην εσωτερική πλευρά των εξωτερικών τοίχων ΣΥΝΟΛΟ	6.500,00
5	ΞΗΡΗ ΔΟΜΗΣΗ Χώρισμα γυψοσανίδας με σκελετό CW 50, 2+2 με μόνωση πετροβάμβακα 40kgf/m3 και συνολικού πάχους 100mm Επένδυση γυψοσανίδας 2+0 με μόνωση πετροβάμβακα Επένδυση υαλοσανίδας 1+0 χωρίς μόνωση Κατασκευή κούτελων απλής γυψοσανίδας τύπου Ι Κατασκευή κούτελων απλής γυψοσανίδας τύπου Γ Κατασκευή κούτελων απλής γυψοσανίδας τύπου Π	

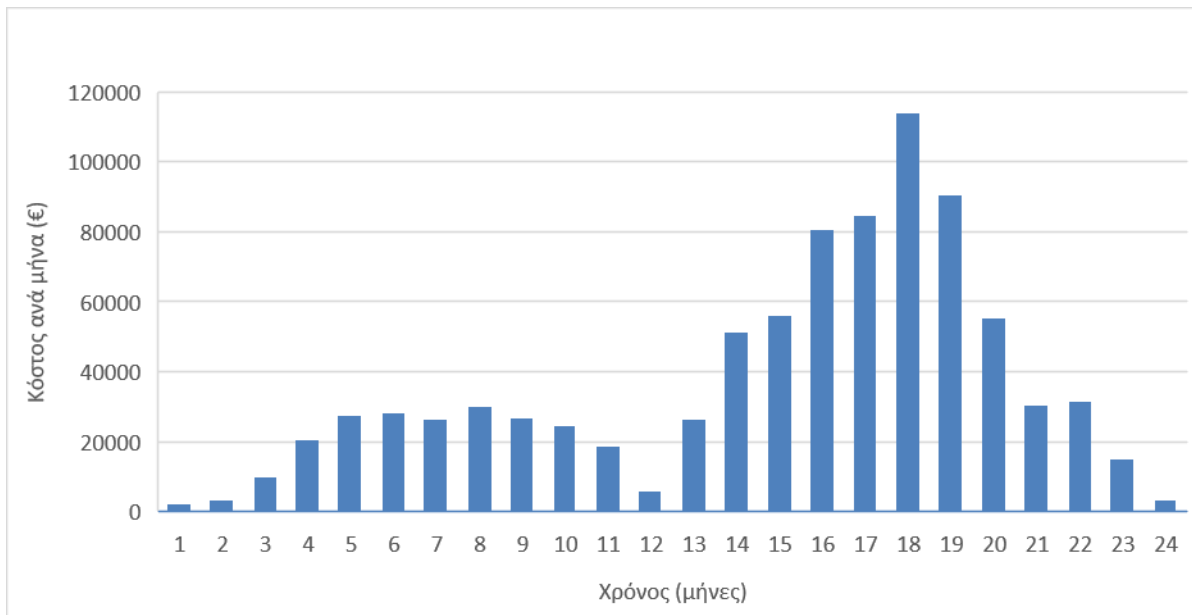
	Κατασκευή κούτελων υαλοσανίδας τύπου I Επιβάρυνση αντικατάστασης απλής γυψοσανίδας από ανθυγρή ή πυράντοχη ανά φύλλο Κατασκευή οροφής από απλή γυψοσανίδα Κατασκευή οροφής από ανθυγρή γυψοσανίδα Κατασκευή οροφής από υαλοσανίδα Θυρίδες επίσκεψης στις ψευδοροφές γυψοσανίδων 40X40 Σκοτίες περιμετρικά των οροφών στην ένωση με τις τοιχοποιίες και στα δάπεδα στα σοβατεπιά ΣΥΝΟΛΟ	80.000,00
6	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΣΥΝΟΛΟ	60.000,00
7	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ - ΕΡΜΑΡΙΑ Εσωτερικές ξύλινες θύρες Ερμάρια Υ/Δ Κουζίνες Έπιπλα λουτρών ΣΥΝΟΛΟ	95.000,00
8	ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ - ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ-ΜΑΡΜΑΡΙΚΑ Βιομηχανικά δάπεδα στο parking υπογείου Ράμπα υπογείου Επενδύσεις περιβάλλοντος χώρου ισογείου Επενδύσεις εξωστών Ξύλινες επενδύσεις δαπέδων Επενδύσεις λουτρών Γεμίσματα δαπέδων Τσιμεντοκονία στους υγρούς χώρους Σοβατεπί Επενδύσεις εσωτερικών κλιμάκων από Επενδύσεις κλιμάκων κεντρικού κλιμακοστασίου και πλατυσκάλων Επενδύσεις εξωτερικών κλιμάκων Επενδύσεις υπογείου ΣΥΝΟΛΟ	90.000,00
9	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ & JACUZZI Στεγανοποίηση και Επενδύσεις πισίνας Επιπλέον επιβάρυνση για την επένδυση των σκαλοπατιών Στεγανοποίηση και επενδύσεις jacuzzi ΣΥΝΟΛΟ	20.000,00
10	ΜΟΝΩΣΕΙΣ Στεγάνωση πλάκας υπογείου με φύλλα πολυαιθυλενίου βάρους 200gr/m2 Επάλειψη με τσιμεντοειδές υλικό στα τοιχεία των υπογείων που αποκαλύπτονται μετά την εκσκαφή για τη δημιουργία αποστράγγισης και τοποθέτηση αποστραγγιστικής αυγουλιέρας Μονώσεις στα τοιχεία υπογείων με την χρήση penetron admix sb Μόνωση των εσωτερικών υγρών χώρων (ντουζιέρες, jacuzzi κλπ) Προμήθεια και τοποθέτηση γεωφύλασματος βάρους 200 gr/m2 Θερμομόνωση και στεγάνωση του φυτεμένου δώματος Στεγάνωση της οροφής υπογείου στο υπαίθριο καθιστικό και τον περιβάλλοντα χώρο	

	Στεγάνωση του υπαίθριου εξώστη Β' ορόφου Στεγανοποίηση ζαρτινιέρας δώματος Θερμομόνωση και στεγάνωση της απόληξης του δώματος ΣΥΝΟΛΟ	19.000,00
11	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ Εσωτερικοί σπατουλαριστοί Χρωματισμοί ξύλινων θυρών , ερμαρίων κλπ Χρωματισμοί μεταλλικών κατασκευών (κιγκλιδώματα, θύρες κλπ) ΣΥΝΟΛΟ	22.000,00
12	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ Εφαρμογή συστήματος θερμομόνωσης Εφαρμογή συστήματος αντιρρηγματικής προστασίας Δημιουργία Ζώνης Στεγάνωσης Διαμόρφωση Λαμπάδων και πρεκιών Διαμόρφωση ακμών Διαμόρφωση νεροσταλλάκτη ΣΥΝΟΛΟ	50.000,00
13	ΔΙΑΦΟΡΑ Κατασκευή τζακιών Κατασκευή φρεατίων από δακτύλιους για το drainage στο επίπεδο της θεμελίωσης Προμήθεια δακτυλίων από ελαφρώς σπλισμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 2μ Ικρίωματα Μερεμέτια - καθαρισμοί ΣΥΝΟΛΟ	22.000,00
	ΣΥΝΟΛΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	597.500,00
B	Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	
14	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Αποχέτευση λυμάτων Αποχέτευση ομβρίων Υδρευση - Ηλιακά Τοποθέτηση ειδών υγιεινής και κρουνοποιίας Σύνολο	68.000,00
15	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ Φωτισμός Ισχυρά ρεύματα Παροχές πινάκων και μηχανημάτων Προμήθεια ηλεκτρικών πινάκων Ασθενή ρεύματα TV - SAT Συστήματα ασφαλείας Συστήματα καμερών Συστήματα θυροτηλεόρασης	

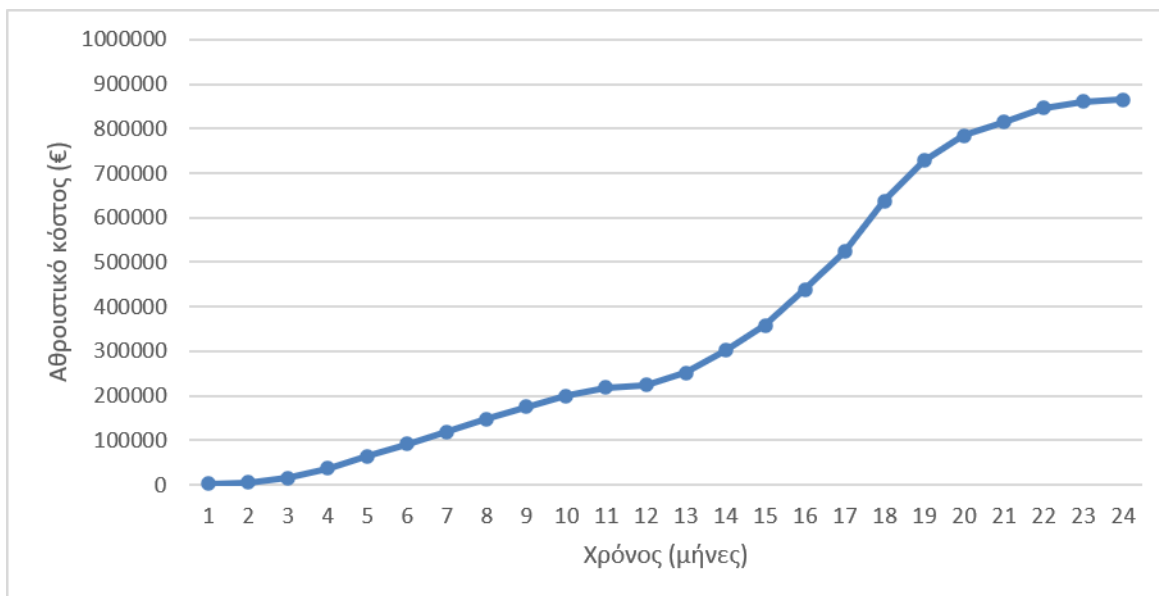
	ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ	85.000,00
16	ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ Εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης	
	ΣΥΝΟΛΟ	30.000,00
17	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ Προμήθεια μηχανημάτων συμπεριλαμβανομένων ψυκτικών σωληνώσεων Προμήθεια και εγκατάσταση αεραγωγών και στομιών	
	ΣΥΝΟΛΟ	42.000,00
18	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΙΣΙΝΑΣ Εξοπλισμός συστήματος ανακυκλοφορίας και καθαρισμού της κολυμβητικής δεξαμενής. Υλικά για την υδραυλική διασύνδεση για τη λειτουργία της δεξαμενής Υλικά για την ηλεκτρική διασύνδεση για τη λειτουργία της δεξαμενής Εργασίες υδραυλικής και ηλεκτρολογικής διασύνδεσης της κολυμβητικής δεξαμενής	
	ΣΥΝΟΛΟ	15.000,00
19	ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ Προμήθεια και εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού του κοινόχρηστου υδραυλικού ανελκυστήρα και του θαλάμου του σύμφωνα με την Η/Μ μελέτη. Προμήθεια και εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού του ιδιωτικού υδραυλικού ανελκυστήρα και του θαλάμου του σύμφωνα με την Η/Μ μελέτη.	
	ΣΥΝΟΛΟ	27.000,00
	ΣΥΝΟΛΟ Η/Μ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	267.000,00
	ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ (πλέον ΦΠΑ)	864.500,00

Αναλύοντας το κόστος, διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της υπέρβασης απορροφήθηκε από τα Σκυροδέματα (100.000 € αντί για 80.000 €) και τα Χωματουργικά (18.000 € αντί για 15.000 €). Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, από άποψη Διαχείρισης Έργων, ότι η χρονική υπέρβαση (+33%) ήταν πολλαπλάσια της οικονομικής (+8%). Αυτό συνέβη διότι μεγάλο μέρος της καθυστέρησης αφορούσε «νεκρούς χρόνους», όπου οι εργασίες είχαν παγώσει. Κατά τη διάρκεια αυτών των κενών, η κατασκευάστρια εταιρεία επιβαρυνόταν κυρίως με έμμεσα κόστη (overheads, ενοίκια σκαλωσιών, ασφάλειες) και όχι με άμεσα έξοδα υλικών, κρατώντας την οικονομική "αιμορραγία" σε ελεγχόμενα επίπεδα, καταστρέφοντας ωστόσο τον προγραμματισμό.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο **Σχήμα 5.1** και **Σχήμα 5.2**, διαμορφώνεται το διάγραμμα μεταβολής του μηνιαίου πραγματικού κόστους σε σχέση με το χρόνο (**Σχήμα 5.3**). Η καμπύλη προόδου του έργου έχει τη μορφή *S* (**Σχήμα 5.4**).



Σχήμα 5.3: Πραγματικό κόστος ως προς το χρόνο.



Σχήμα 5.4: Καμπύλη *S* πραγματικού κόστους.

5.3 Εφαρμογή Μεθόδου Παραχθείσας Αξίας

Εν προκειμένω, ο έλεγχος προόδου του έργου πραγματοποιείται μέσω της μεθόδου της παραγόμενης αξίας (EVM) σε τρία κομβικά ορόσημα, δηλαδή στους 6 μήνες, στους 12 μήνες και στους 18 μήνες. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μέρος ενός ολοκληρωμένου συστήματος ελέγχου κόστους και χρονοδιαγράμματος (Χασιακός Α., κ.α. 2003). Ως δεδομένα λαμβάνονται η καμπύλη αθροιστικού κόστους S , δηλαδή το προϋπολογισθέν κόστος προγραμματισμένων εργασιών (BCWS) και ο προϋπολογισμός (BAC). Καταγράφοντας σε διάφορες χρονικές στιγμές το ποσοστό ολοκλήρωσης των εργασιών (PC) και το κόστος που είχε προϋπολογιστεί για αυτές τις εργασίες, προκύπτει η παραγόμενη αξία (BCWP), δηλαδή το προϋπολογιστικό κόστος υλοποιημένων εργασιών. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις (3.5), (3.6), (3.7), (3.8), (3.9), (3.12).

Για τον υπολογισμό του ποσοστού ολοκλήρωσης κάθε κατηγορίας εργασίας PC (%), έγινε αναγωγή της προόδου των επιμέρους εργασιών σε ένα ενιαίο σταθμισμένο μέγεθος. Δεδομένου ότι οι εργασίες διαφέρουν ως προς την διάρκεια και την κατανάλωση πόρων, δεν ήταν δυνατή η χρήση του μέσου όρου. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του σταθμισμένου μέσου όρου βάσει κόστους, η οποία υλοποιήθηκε ακολουθώντας τα εξής βήματα:

- i. Βήμα 1ο: Υπολογισμός Φυσικής Προόδου ανά υπο-εργασία (PC_{sub})

Για κάθε επιμέρους υπο-εργασία, το ποσοστό ολοκλήρωσης υπολογίστηκε διαιρώντας τις πραγματικές εβδομάδες που εκτελέστηκαν (βάσει του υλοποιηθέντος As-Built χρονοδιαγράμματος έως την ημερομηνία ελέγχου), με τη συνολική προγραμματισμένη διάρκεια της συγκεκριμένης εργασίας στο Baseline

- ii. Βήμα 2ο: Μετατροπή της προόδου σε παραγόμενη αξία ($BCWP_{sub}$)

Η φυσική πρόοδος κάθε υπο-εργασίας μετατράπηκε σε χρηματική αξία (Earned Value). Το ποσοστό PC_{sub} πολλαπλασιάστηκε με τον αντίστοιχο προϋπολογισμό της υπο-εργασίας (BC_{sub}), εφαρμόζοντας την παραδοχή της γραμμικής κατανομής κόστους (ισόποσος εβδομαδιαίος επιμερισμός).

$$BCWP_{sub} = PC_{sub} \times BC_{sub}$$

iii. Βήμα 3ο: Άθροιση και υπολογισμός συνολικού PC (%) κάθε κατηγορίας

Για τον υπολογισμό του τελικού ποσοστού της συνολικής κατηγορίας, αθροίστηκαν όλες οι παραγόμενες αξίες (BCWP) των υπο-εργασιών της και το άθροισμα αυτό διαιρέθηκε με τον συνολικό προϋπολογισμό ολοκλήρωσης (BAC) της κατηγορίας.

$$PC_{category} = \Sigma BCWP_{sub} / BAC_{category}$$

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, προκύπτουν τα κάτωθι αποτελέσματα:

Α. Έλεγχος 6^{ου} Μήνα (Εβδομάδα 24)

Ο έλεγχος του βου μήνα είναι υψίστης σημασίας, καθώς αποτελεί το πρώτο ορόσημο αξιολόγησης της υγείας του έργου. Σε αυτό το σημείο, τα δεδομένα του EVM καταγράφουν τις άμεσες συνέπειες του Γεγονότος Καθυστέρησης 1 (Εντοπισμός βραχύδους υποστρώματος κατά τις εκσκαφές), το οποίο αποτέλεσε την αρχή για τη μετέπειτα απόκλιση του χρονοδιαγράμματος. Ήδη από το πρώτο εξάμηνο, οι δείκτες αποκάλυψαν παρεκκλίσεις. Η καθυστέρηση του βράχου μετατόπισε την έναρξη του Φέροντος Οργανισμού, ρίχνοντας τον δείκτη απόδοσης χρονοδιαγράμματος (SPI). Παράλληλα, τα Χωματουργικά ολοκληρώθηκαν με κόστος 9.692 € παράγοντας αξία μόλις 7.500 €, εισάγοντας από νωρίς μια αρνητική απόκλιση κόστους (Cost Variance) στο έργο. Στον **Πίνακα 5.3** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου προόδου. Οι τιμές BCWS και ACWP αντλήθηκαν από το **Σχήμα 4.4** και **Σχήμα 5.2** αντίστοιχα.

Ενδεικτικά, οι υπολογισμοί στον παραπάνω πίνακα για την εργασία 1 Χωματουργικά, είναι οι εξής:

$$PC(1) = \frac{24 \times 312,5}{15000} \rightarrow PC(1) = 50 \%$$

$$BCWP(1) = PC(1) \times BAC(1) = 50\% \times 15.000 \rightarrow BCWP(1) = 7.500 \text{ €}$$

$$SV(1) = BCWP(1) - BCWS(1) = 7.500 - 9.063 \rightarrow SV(1) = -1.563 \text{ €}$$

$$SV\%(1) = \frac{SV}{BCWS} 100 = \frac{-1563}{9063} 100 \rightarrow SV\%(1) = -17,2 \%$$

$$CV(1) = BCWP(1) - ACWP(1) = 7.500 - 9.692 \rightarrow CV(1) = -2.192 \text{ €}$$

$$CV\%(1) = \frac{CV}{BCWP} 100 = \frac{-2192}{7500} 100 \rightarrow CV\%(1) = -29,2 \%$$

$$EAC(1) = \frac{ACWP(1)}{BCWP(1)} BAC(1) = \frac{9692}{7500} 15000 \rightarrow EAC(1) = 19.385 \text{ €}$$

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} = \frac{88894}{91789} \rightarrow CPI = 0,968 = 96,8 \%$$

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} = \frac{88894}{113323} \rightarrow SPI = 0,784 = 78,4 \%$$

Πίνακας 5.3: Έλεγχος προόδου 6^{ου} μήνα.

		BAC (€)	BCWS (€)	PC	ACWP (€)	BCWP (€)	SV (€)	SV(%)	CV (€)	CV(%)	CPI	SPI	EAC (€)
1	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	15.000	9.063	50%	9.692	7.500	-1.563	-17,2%	-2.192	-29,2%			19.385
2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ	80.000	49.302	48%	47.674	38.140	-11.163	-22,6%	-9.535	-25,0%			100.000
3	ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ	23.000	9.471	18%	2.647	4.059	-5.412	-57,1%	1.412	34,8%			15.000
4	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	7.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			7.000
5	ΞΗΡΗ ΔΟΜΗΣΗ	70.000	5.833	0%	0	0	-5.833	-100,0%	0	0,0%			70.000
6	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	58.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			58.000
7	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ	60.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			60.000
8	ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ	68.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			68.000
9	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	14.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			14.000
10	ΜΟΝΩΣΕΙΣ	25.000	16.667	67%	6.333	16.667	0	0,0%	10.333	62,0%			9.500
11	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	52.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			52.000
12	ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ	55.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			55.000
13	ΔΙΑΦΟΡΑ (ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ)	14.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			14.000
14	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	60.000	13.500	23%	15.300	13.500	0	0,0%	-1.800	-13,3%			68.000
15	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	77.000	5.958	7%	5.730	5.500	-458	-7,7%	-230	-4,2%			80.225
16	ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ	45.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			45.000
17	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	32.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			32.000
18	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	12.000	3.529	29%	4.412	3.529	0	0,0%	-882	-25,0%			15.000
19	ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	33.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			33.000
Σύνολο (€)		800.000	113.323		91.789	88.894	-24.429	-21,6%	-2.895	-3,3%	96,8%	78,4%	815.109

Κατά τη χρονική στιγμή ελέγχου του έργου στο τέλος του 6ου μήνα, το έργο καθυστερεί συνολικά κατά 21,6% σε σχέση με τον χρονικό προγραμματισμό του και επίσης υλοποιείται με μια υπέρβαση κόστους 3,3% σε σχέση με τον προϋπολογισμό του. Με τα δεδομένα του σημείου ελέγχου, εκτιμάται ότι το άμεσο κόστος του έργου με την ολοκλήρωση του θα είναι (κατά προσέγγιση) 815.109€.

B. Έλεγχος 12^{ου} Μήνα (Εβδομάδα 48)

Ο έλεγχος στον πρώτο χρόνο αναδεικνύει τις αλυσιδωτές αντιδράσεις. Είναι η χρονική στιγμή όπου το έργο έχει «παγιδευτεί» οριστικά στο Φαινόμενο Ντόμινο, καθώς οι καθυστερήσεις των

πρώτων σταδίων έχουν μεταφερθεί αυτούσιες στις εσωτερικές εργασίες και στα δίκτυα Η/Μ. Η αλλαγή των ηλεκτρολογικών σχεδίων συγκράτησε τη φυσική πρόοδο των Ηλεκτρολογικών μόλις στο 15%. Βάσει της σχέσης "Finish-to-Start", τα Επιχρίσματα (σοβάδες) δεν μπορούσαν να ξεκινήσουν πριν περαστούν οι σωλήνες, παραμένοντας και αυτά συγκρατημένα στο 15%. Το ίδιο συνέβη και με τις Υδραυλικές εγκαταστάσεις (PC = 30%). Το χάσμα μεταξύ της αναμενόμενης και της παραγόμενης αξίας διευρύνθηκε, δημιουργώντας αρκετές υπολειπόμενες εργασίες. Στον **Πίνακα 5.4** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου προόδου.

Πίνακας 5.4: Έλεγχος προόδου 12^{ου} μήνα.

		BAC (€)	BCWS (€)	PC	ACWP (€)	BCWP (€)	SV (€)	SV(%)	CV (€)	CV(%)	CPI	SPI	EAC (€)
1	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	15.000	12.500	83%	15.231	12.500	0	0,0%	-2.731	-21,8%			18.277
2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ	80.000	80.000	100%	100.000	80.000	0	0,0%	-20.000	-25,0%			100.000
3	ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ	23.000	23.000	100%	15.000	23.000	0	0,0%	8.000	34,8%			15.000
4	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	7.000	6.146	15%	951	1.024	-5.122	-83,3%	73	7,1%			6.500
5	ΞΗΡΗ ΔΟΜΗΣΗ	70.000	31.111	36%	28.889	25.278	-5.833	-18,8%	-3.611	-14,3%			80.000
6	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	58.000	58.000	0%	0	0	-58.000	-100,0%	0	0,0%			58.000
7	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ	60.000	20.000	0%	0	0	-20.000	-100,0%	0	0,0%			60.000
8	ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ	68.000	61.200	0%	0	0	-61.200	-100,0%	0	0,0%			68.000
9	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	14.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			14.000
10	ΜΟΝΩΣΕΙΣ	25.000	16.667	67%	6.333	16.667	0	0,0%	10.333	62,0%			9.500
11	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	52.000	8.000	0%	0	0	-8.000	-100,0%	0	0,0%			52.000
12	ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΟΨΗ	55.000	44.000	0%	0	0	-44.000	-100,0%	0	0,0%			55.000
13	ΔΙΑΦΟΡΑ (ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ)	14.000	7.000	50%	11.000	7.000	0	0,0%	-4.000	-57,1%			22.000
14	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	60.000	30.000	30%	20.400	18.000	-12.000	-40,0%	-2.400	-13,3%			68.000
15	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	77.000	11.000	15%	11.938	11.458	458	4,2%	-480	-4,2%			80.225
16	ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ	45.000	0	0%	0	0	0	0,0%	0	0,0%			45.000
17	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	32.000	7.111	0%	0	0	-7.111	-100,0%	0	0,0%			32.000
18	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	12.000	3.529	29%	4.412	3.529	0	0,0%	-882	-25,0%			15.000
19	ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	33.000	18.857	38%	10.286	12.571	-6.286	-33,3%	2.286	18,2%			27.000
Σύνολο (€)		800.000	438.122		224.440	211.028	-227.094	-51,8%	-13.412	-6,4%	94,0%	48,2%	825.502

Κατά τη χρονική στιγμή ελέγχου του έργου στο τέλος του 12ου μήνα, το έργο καθυστερεί συνολικά κατά 51,8 % σε σχέση με τον χρονικό προγραμματισμό του και επίσης υλοποιείται με μια υπέρβαση κόστους 6,4 % σε σχέση με τον προϋπολογισμό του. Με τα δεδομένα του σημείου ελέγχου, εκτιμάται ότι το άμεσο κόστος του έργου με την ολοκλήρωση του θα είναι (κατά προσέγγιση) 825.502 €.

Γ. Έλεγχος 18^{ου} Μήνα (Εβδομάδα 72)

Η Εβδομάδα 72 αποτελούσε την αρχική λήξη του έργου. Ο προϋπολογισμός (BCWS) όφειλε να έχει απορροφηθεί στο 100 % (800.000 €). Τα πραγματικά δεδομένα, ωστόσο, διαφέρουν:

- Η Παραχθείσα Αξία (BCWP / Earned Value) ανήλθε στις 581.573 €, σηματοδοτώντας ότι το έργο είχε ολοκληρωθεί μόλις κατά 72,7 %.

- Η Απόκλιση Χρονοδιαγράμματος (SV) διαμορφώθηκε στο ποσό των -218.426 € (το έργο καθυστερεί συνολικά κατά 27,3% σε σχέση με το αρχικό χρονοδιάγραμμα).
- Η Απόκλιση Κόστους (CV) σε σχέση με τον αρχικό προϋπολογισμό ήταν -56.132 € (-9.7%), υποδηλώνοντας τη σταθερή επιβάρυνση του εργοταξίου.

Παρότι έγινε προσπάθεια επιτάχυνσης (π.χ. οι Επιστρώσεις και τα Ξυλουργικά ξεκίνησαν νωρίτερα από το βέλτιστο, φτάνοντας στο 100% και 75% αντίστοιχα για να καλυφθεί χρόνος), κρίσιμες εξωτερικές εργασίες ακυρώθηκαν. Χαρακτηριστικά, η κατηγορία «Επενδύσεις Πισίνας» παρέμεινε στο 0% λόγω της αστοχίας στεγάνωσης. Ο δείκτης εκτίμησης τελικού κόστους (EAC), αξιοποιώντας την τρέχουσα απόδοση, προέβλεψε ορθά ότι το έργο θα ξεπεράσει τα 833.000 €, κάτι που τελικά επαληθεύτηκε.

Η δυσμενής αυτή κατάσταση αποτυπώνεται καθαρά και στους δείκτες απόδοσης της μεθόδου EVM. Ο Δείκτης Απόδοσης Χρονοδιαγράμματος (SPI) διαμορφώθηκε στο 0,727 (έναντι του ιδεατού 1), επιβεβαιώνοντας τον αργό ρυθμό παραγωγής. Αντίστοιχα, ο Δείκτης Απόδοσης Κόστους (CPI) ανήλθε στο 0,912, υποδεικνύοντας ότι για κάθε ένα ευρώ που δαπανήθηκε, παρήχθη αξία έργου ίση με 0,912 ευρώ. Οι δείκτες αυτοί λειτούργησαν ως βάση για την αναθεωρημένη μαθηματική πρόβλεψη του τελικού κόστους (EAC).

Η ακρίβεια της πρόβλεψης του τελικού κόστους (EAC = 833.340 €) από τον 18ο κιόλας μήνα, έρχεται σε απόλυτη συμφωνία με τα συμπεράσματα των Elsaid et al. (2025), οι οποίοι στην έρευνά τους επιβεβαιώνουν ότι οι τεχνικές EVM παρουσιάζουν υψηλή διαγνωστική ικανότητα και αξιοπιστία προβλέψεων όταν εφαρμόζονται σε δομικά έργα (construction projects) που έχουν πληγεί από σωρευτικές καθυστερήσεις. Στον **Πίνακα 5.5** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου προόδου.

Πίνακας 5.5: Έλεγχος προόδου 18^{ου} μήνα.

		BAC (€)	BCWS (€)	PC	ACWP (€)	BCWP (€)	SV (€)	SV(%)	CV (€)	CV(%)	CPI	SPI	EAC (€)
1	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	15.000	15.000	92%	15.231	13.750	-1.250	-8,3%	-1.481	-10,8%			16.615
2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ	80.000	80.000	100%	100.000	80.000	0	0,0%	-20.000	-25,0%			100.000
3	ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ	23.000	23.000	100%	15.000	23.000	0	0,0%	8.000	34,8%			15.000
4	ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	7.000	7.000	100%	6.500	7.000	0	0,0%	500	7,1%			6.500
5	ΞΗΡΗ ΔΟΜΗΣΗ	70.000	70.000	69%	55.556	48.611	-21.389	-30,6%	-6.944	-14,3%			80.000
6	ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	58.000	58.000	100%	60.000	58.000	0	0,0%	-2.000	-3,4%			58.000
7	ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑ	60.000	60.000	75%	71.250	45.000	-15.000	-25,0%	-26.250	-58,3%			60.000
8	ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ	68.000	68.000	100%	90.000	68.000	0	0,0%	-22.000	-32,4%			68.000
9	ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	14.000	14.000	0%	0	0	-14.000	-100,0%	0	0,0%			14.000
10	ΜΟΝΩΣΕΙΣ	25.000	25.000	100%	19.000	25.000	0	0,0%	6.000	24,0%			19.000
11	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ	52.000	52.000	46%	10.154	24.000	-28.000	-53,8%	13.846	57,7%			52.000
12	ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ	55.000	55.000	100%	50.000	55.000	0	0,0%	5.000	9,1%			55.000
13	ΔΙΑΦΟΡΑ (ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ)	14.000	14.000	68%	15.000	9.545	-4.455	-31,8%	-5.455	-57,1%			22.000
14	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	60.000	60.000	73%	49.300	43.500	-16.500	-27,5%	-5.800	-13,3%			68.000
15	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	77.000	77.000	27%	21.966	21.083	-55.917	-72,6%	-883	-4,2%			80.225
16	ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ	45.000	45.000	36%	10.909	16.364	-28.636	-63,6%	5.455	33,3%			45.000
17	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	32.000	32.000	67%	28.000	21.333	-10.667	-33,3%	-6.667	-31,3%			32.000
18	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΙΣΙΝΑΣ	12.000	12.000	29%	4.412	3.529	-8.471	-70,6%	-882	-25,0%			15.000
19	ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	33.000	33.000	57%	15.429	18.857	-14.143	-42,9%	3.429	18,2%			27.000
Σύνολο (€)		800.000	800.000		637.706	581.573	-218.427	-27,3%	-56.132	-9,7%	91,2%	72,7%	833.340

5.4 Ανάλυση προβλημάτων & αιτιών καθυστέρησης

Η πηγή της αστοχίας του έργου εντοπίζεται στο Φαινόμενο Ντόμινο, το οποίο ενεργοποιείται σε δίκτυα CPM. Η έλλειψη χρονικών αποθεμάτων στις δραστηριότητες της Κρίσιμης Διαδρομής σήμαινε πως τα γεγονότα καθυστέρησης δεν μπορούσαν να απορροφηθούν. Κάθε ημέρα καθυστέρησης, μεταφερόταν αυτούσια στην παράδοση.

Επιπλέον, αναδείχθηκαν σοβαρές ελλείψεις στη διοικητική αντιμετώπιση του έργου:

- Κακή διαχείριση των αλλαγών στις μελέτες: Οι αλλαγές στα ηλεκτρολογικά έγινε χωρίς την επίσημη διαδικασία αλλαγής. Το έργο δεν σταμάτησε για να αναθεωρηθεί το βασικό χρονοδιάγραμμα, αλλά τα συνεργεία προσπάθησαν να δουλέψουν ταυτόχρονα με τις αλλαγές, χάνοντας την παραγωγικότητά τους.
- Απουσία Τεχνικών Συμπίεσης: Μόλις το έργο βγήκε εκτός πορείας (π.χ. στον 6ο μήνα), η Διεύθυνση δεν εφάρμοσε τεχνικές ώστε να ελέγξει την πορεία του έργου (πχ προσθήκη έξτρα πόρων και υπερωριών ή αλλαγή της λογικής αλληλουχίας για παράλληλη εκτέλεση). Η όποια προσπάθεια επιτάχυνσης στον 18ο μήνα ήταν σπασμωδική και ανεπαρκής.

Συμπεράσματα Ελέγχου Προόδου (EVM) ανά Χρονικό Σημείο

Η εφαρμογή της μεθόδου της παραχθείσας αξίας (Earned Value Management) στο υπό μελέτη κτιριακό έργο αποκαλύπτει σημαντικές αποκλίσεις από τον αρχικό προγραμματισμό (Baseline 18 μηνών / 800.000 € πλέον ΦΠΑ). Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε τρία κομβικά χρονικά σημεία (Μήνας 6, 12 και 18), αναδεικνύοντας τη σταδιακή εξέλιξη των καθυστερήσεων και των υπερβάσεων κόστους.

1. Έλεγχος 6ου Μήνα (Εβδομάδα 24): Τα Πρώτα Προειδοποιητικά Σήματα

Κατά το πρώτο εξάμηνο, η βασική αιτία απόκλισης ήταν το Γεγονός 1 (Εντοπισμός βράχου κατά τις εκσκαφές), το οποίο επέφερε καθυστέρηση 4 εβδομάδων.

- Χωματοουργικά: Βάσει του χρονοδιαγράμματος, η κατηγορία των Χωματοουργικών θα έπρεπε να έχει παράγει αξία 9.063€ (BCWS). Αντ' αυτού, η φυσική πρόοδος (PC) βρίσκεται στο 50%, παράγοντας Δεδουλευμένη Αξία (BCWP) 7.500 €. Το πλεόν ανησυχητικό εύρημα, ωστόσο, δεν είναι η χρονική υστέρηση ($SV = -1.563$ €), αλλά η απόκλιση κόστους. Το πραγματικό κόστος (ACWP) ανήλθε στα 9.692 €, δημιουργώντας ένα αρνητικό Cost Variance (CV) της τάξης των -2.192€. Η απόκλιση αυτή ερμηνεύεται τεχνικά από την απρόβλεπτη ανάγκη ενοικίασης βαρέος εξοπλισμού (υδραυλική σφύρα) και την καταβολή επιπλέον ημερομισθίων για τη θραύση του βράχου, αυξάνοντας το μοναδιαίο κόστος παραγωγής της εκσκαφής.
- Φέρων Οργανισμός (Σκυροδέματα): Η κατηγορία των Σκυροδεμάτων αποτελεί τη βασική δραστηριότητα του Κρίσιμου Μονοπατιού (Critical Path) στην Α' Φάση κατασκευής. Λόγω της αυστηρής εξάρτησης Finish-to-Start από τις εκσκαφές, τα σκυροδέματα υπέστησαν ισόποση χρονική μετατόπιση. Η πρόοδός τους βρίσκεται στο 48%, ενώ προγραμματικά θα έπρεπε να είχαν προχωρήσει πολύ περισσότερο, εμφανίζοντας σημαντική αρνητική απόκλιση χρονοδιαγράμματος (SV). Η μέθοδος EVM αποτυπώνει αυτή την καθυστέρηση με μια ραγδαία αρνητική απόκλιση χρονοδιαγράμματος ($SV = -11.163$ €).

Συμπέρασμα 6μήνου: Η ανάλυση του εξαμήνου αποδεικνύει ότι τα γεωλογικά ρίσκα (αστάθμητοι παράγοντες υπεδάφους) δεν είχαν συνυπολογιστεί με επαρκή χρονικά περιθώρια στο αρχικό χρονοδιάγραμμα. Η Διεύθυνση του Έργου, έχοντας πλέον καταγεγραμμένο ένα αρνητικό CV και

SV, θα όφειλε σε αυτό το σημείο να προχωρήσει σε αναθεώρηση της στρατηγικής (π.χ. αύξηση συνεργειών σκυροδέτησης), προκειμένου να απορροφηθεί η αρχική καθυστέρηση πριν μετακυλιστεί στις εσωτερικές εργασίες.

2. Έλεγχος 12ου Μήνα (Εβδομάδα 48): Η Ενίσχυση του Φαινομένου Ντόμινο

Στο κλείσιμο του πρώτου έτους, το έργο δέχεται το δεύτερο μεγάλο πλήγμα από το Γεγονός 2 (Αλλαγή σχεδίων H/M για Smart Home & Μερεμέτια), προσθέτοντας άλλες 6 εβδομάδες καθυστέρησης.

- Ηλεκτρολογικές Εργασίες (Ποσοστό Ολοκλήρωσης PC = 15%). Σύμφωνα με το αρχικό χρονοδιάγραμμα, στην Εβδομάδα 48 οι Ηλεκτρολογικές Εργασίες της Α' Φάσης (χωνευτά, κουτιά, σωληνώσεις) όφειλαν να έχουν ολοκληρωθεί πλήρως, επιτρέποντας τη μετάβαση στα επόμενα κατασκευαστικά στάδια. Ωστόσο, η πραγματική φυσική πρόοδος (PC) περιορίζεται στο 15%. Η καθυστέρηση αυτή αποτελεί άμεση συνέπεια του Γεγονότος Καθυστέρησης 2 (Αλλαγή αρχιτεκτονικών και H/M σχεδίων για την ενσωμάτωση συστημάτων Smart Home). Η καθυστερημένη οριστικοποίηση των σχεδίων από τον κύριο του έργου, σε συνδυασμό με την ανάγκη εκτέλεσης εκτεταμένων μερεμετιών και καθαιρέσεων σε ήδη κατασκευασμένες τοιχοποιίες για τη διέλευση των νέων ασθενών ρευμάτων, «πάγωσε» την εξέλιξη της δραστηριότητας. Λόγω της έλλειψης χρονικών αποθεμάτων στη συγκεκριμένη κατασκευαστική φάση, η δραστηριότητα μετέφερε την καθυστέρησή της απευθείας στο Κρίσιμο Μονοπάτι (Critical Path) του έργου.
- Υδραυλικές Εγκαταστάσεις (Ποσοστό Ολοκλήρωσης PC = 30%). Οι Υδραυλικές Εγκαταστάσεις παρουσιάζουν φυσική πρόοδο της τάξης του 30%, εμφανίζοντας επίσης καθυστέρηση σε σχέση με τον αρχικό προγραμματισμό. Η αιτία της απόκλισης εδώ είναι διττή. Αφενός, οι υδραυλικές εργασίες Α' φάσης επηρεάστηκαν από τις τροποποιήσεις των σχεδίων (καθώς οι οδεύσεις των σωληνώσεων έπρεπε να επανασχεδιαστούν για να μην συμπίπτουν με τα νέα ηλεκτρολογικά κανάλια). Αφετέρου, η υλοποίηση των δικτύων υπέστη τις συνέπειες της διακοπτόμενης ροής του έργου: τα συνεργεία αδυνατούσαν να εργαστούν με συνεχή ρυθμό, καθώς έπρεπε να περιμένουν την ολοκλήρωση των τοπικών καθαιρέσεων και της ξηράς

δόμησης, με αποτέλεσμα την καταγραφή χαμηλής παραγωγικότητας και την αύξηση του μη παραγωγικού χρόνου.

- **Επιχρίσματα** (Ποσοστό Ολοκλήρωσης $PC = 15\%$). Η κατηγορία των Επιχρισμάτων αποτελεί το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα του Φαινομένου Ντόμινο σε μια οικοδομή. Η δραστηριότητα αυτή συνδέεται με τις προηγούμενες (Ηλεκτρολογικά και Υδραυλικά) με τεχνική αλληλουχία τύπου Finish-to-Start. Δεν είναι τεχνικά ορθό να ξεκινήσουν τα επιχρίσματα των τοίχων εάν δεν έχουν εγκατασταθεί, δοκιμαστεί υδροστατικά και κλειστεί όλες οι εσωτερικές σωληνώσεις δικτύων. Με τα Ηλεκτρολογικά σε ποσοστό 15% και τα Υδραυλικά σε ποσοστό 30%, η έναρξη των Επιχρισμάτων κατέστη αδύνατη για το μεγαλύτερο μέρος του κτιρίου. Το καταγεγραμμένο ποσοστό 15% αντιστοιχεί αποκλειστικά στις προπαρασκευαστικές εργασίες (στήσιμο σκαλωσιών, πρώτο χέρι πεταχτό σε απομονωμένα τμήματα όπου είχαν κλείσει οι οδεύσεις), επιβεβαιώνοντας ότι η εργασία παρέμεινε ουσιαστικά ανενεργή, περιμένοντας την απελευθέρωσή της από τις προπορευόμενες δραστηριότητες.
- **Κλείδωμα Υπέρβασης Σκυροδεμάτων**: Ο Φέρων Οργανισμός έχει πλέον ολοκληρωθεί ($PC = 100\%$), αλλά το πραγματικό κόστος (ACWP) «κλείδωσε» στα 100.000 € έναντι των αρχικά προϋπολογισμένων 80.000 €.

Συμπέρασμα 12μήνου: Ο έλεγχος με τη μέθοδο EVM στον 12ο μήνα αποδεικνύει ότι η διαχείριση του έργου απέτυχε να εφαρμόσει αποτελεσματικές διορθωτικές ενέργειες αμέσως μετά την εμφάνιση της πρώτης καθυστέρησης (βράχος). Η υιοθέτηση μιας παθητικής στάσης είχε ως αποτέλεσμα οι αποκλίσεις των δικτύων H/M να «κλειδώσουν» μια συνολική χρονική μετατόπιση, καθιστώντας από το σημείο αυτό και έπειτα μαθηματικά βέβαιη την αποτυχία παράδοσης του έργου στον συμβατικό χρόνο των 18 μηνών.

3. Έλεγχος 18ου Μήνα (Εβδομάδα 72): Η Αστοχία του Αρχικού Στόχου

Ο 18ος μήνας ταυτίζεται με τη συμβατική/προγραμματισμένη ημερομηνία παράδοσης του έργου. Θεωρητικά, η Παραγόμενη Αξία (BCWP) θα έπρεπε να ισούται με το BAC (800.000 €) και το έργο να έχει $PC = 100\%$. Ωστόσο, η πραγματική Σχήμα που αποτυπώνουν οι δείκτες EVM είναι αυτή ενός ημιτελούς έργου σε οικονομική πίεση. Η Παραγόμενη Αξία (BCWP) ανήλθε μόλις στις

581.573 €, πιστοποιώντας συνολική χρονική καθυστέρηση 27,3% ($SV = -218.426 \text{ €}$) και υπέρβαση κόστους 9,7% ($CV = -56.132 \text{ €}$). Η τεχνική ανάλυση των επιμέρους κατηγοριών αναδεικνύει τις συνέπειες της αλυσιδωτής καθυστέρησης, αλλά και τις σπασμωδικές προσπάθειες της Διοίκησης να επιταχύνει τις εργασίες.

- Αρχιτεκτονικά Τελειώματα: Επιστρώσεις ($PC = 100\%$) & Ξυλουργικά ($PC = 75\%$). Τα δεδομένα σε αυτές τις κατηγορίες αποκαλύπτουν μια σαφή προσπάθεια παράλληλης εκτέλεσης από την πλευρά της Διεύθυνσης του Έργου, η οποία όμως συνοδεύτηκε από σοβαρή απώλεια παραγωγικότητας. Συγκεκριμένα, τα συνεργεία εισήλθαν για να τοποθετήσουν δάπεδα (Επιστρώσεις) και ντουλάπες (Ξυλουργικά) ενώ δεν είχαν ολοκληρωθεί πλήρως οι προαπαιτούμενες ηλεκτρομηχανολογικές εργασίες (τα Ηλεκτρολογικά βρίσκονται μόλις στο 27%). Η παραβίαση της φυσιολογικής κατασκευαστικής αλληλουχίας (finish-to-start) είχε το εξής τίμημα:
 - Επιστρώσεις: Ενώ παρήγαγαν την προγραμματισμένη αξία των 68.000 € (BCWP), το πραγματικό τους κόστος (ACWP) εκτοξεύτηκε στα 90.000 €.
 - Ξυλουργικά: Έφτασαν στο 75% παράγοντας αξία 45.000 € (BCWP), αλλά το κόστος τους ανήλθε ήδη στα 71.250 € (ACWP).

Αυτή η τεράστια Αρνητική Απόκλιση Κόστους οφείλεται στους μη παραγωγικούς χρόνους. Τα συνεργεία δαπέδων και ξυλουργικών αναγκάζονταν να σταματούν, να περιμένουν τους ηλεκτρολόγους, να προστατεύουν τις ήδη τελειωμένες επιφάνειες από φθορές άλλων συνεργείων, γεγονός που αύξησε κατακόρυφα τα εργατικά κόστη και τα έμμεσα έξοδα.

- Επενδύσεις Πισίνας (Ποσοστό Ολοκλήρωσης $PC = 0\%$). Στον αντίποδα των εσωτερικών εργασιών, η κατηγορία «Επενδύσεις Πισίνας» αποτελεί το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα "Ανασταλτικού Παράγοντα". Η Προγραμματισμένη Αξία της (BCWS) ήταν 14.000 €, ωστόσο η πρόοδός της (PC) παραμένει στο απόλυτο μηδέν (0%).

Αυτό ερμηνεύεται τεχνικά από το Γεγονός Καθυστέρησης 4 (Αστοχία Υδροστατικού Ελέγχου). Από τη στιγμή που διαπιστώθηκε διαρροή στον μανδύα από σκυρόδεμα, η εφαρμογή της τελικής επένδυσης (πλακίδια/ψηφίδα) κατέστη τεχνικά αδύνατη. Η εργασία αυτή θα παραμείνει "παγωμένη" δημιουργώντας σταθερά αρνητικό SV (-14.000 €), μέχρι να ολοκληρωθούν οι εργασίες στεγάνωσης και η επιτυχής διεξαγωγή νέου υδροστατικού ελέγχου.

- Ηλεκτρομηχανολογικά: Ηλεκτρολογικές Εργασίες (PC = 27%) & Υδραυλικά (PC = 73%). Παρά το γεγονός ότι έχουμε φτάσει στη συμβατική λήξη του έργου, τα βασικά δίκτυα παραμένουν ημιτελή. Ειδικά τα Ηλεκτρολογικά, παρότι αποτελούν μία από τις πιο κοστοβόρες κατηγορίες (BAC = 77.000 €), καταγράφουν Παραγόμενη Αξία μόλις 21.083 €.

Η αδυναμία ολοκλήρωσής τους οφείλεται στις επιπτώσεις του Γεγονότος 2 (Αλλαγή μελετών Smart Home). Τα εκτεταμένα μερεμέτια, οι νέες καλωδιώσεις και η αναμονή των εξειδικευμένων υλικών αυτοματισμού αποδιοργάνωσαν τη ροή των εργασιών. Η τεράστια χρονική απόκλιση στα Ηλεκτρολογικά (SV = -55.917 €) αποτελεί τη "ρίζα" της καθυστέρησης όλων των υπολοίπων αρχιτεκτονικών τελειωμάτων (χρωματισμοί, ψευδοροφές, κλπ.).

Συμπέρασμα 18ου Μήνα: Η ολοκλήρωση του 18ου μήνα πιστοποιεί την πλήρη αστοχία του αρχικού χρονοδιαγράμματος. Η μέθοδος EVM αποδεικνύει ξεκάθαρα ότι οποιαδήποτε προσπάθεια επιτάχυνσης σε ένα ήδη καθυστερημένο και αρρυθμικό εργοτάξιο, οδηγεί απλώς σε οικονομική αιμορραγία χωρίς να λύνει το χρονικό πρόβλημα. Βάσει των δεικτών αυτού του ελέγχου, το μαθηματικό μοντέλο της EVM προέβλεψε ορθά το Εκτιμώμενο Κόστος Ολοκλήρωσης (EAC) στα 833.340 €, επιβεβαιώνοντας στη Διεύθυνση του Έργου ότι η υπέρβαση του προϋπολογισμού είναι πλέον μη αναστρέψιμη.

Συνολική Αποτίμηση

Μετά και τις τελικές γραφειοκρατικές καθυστερήσεις από τον ΔΕΔΔΗΕ (Γεγονός 5), το έργο παραδίδεται την 96η Εβδομάδα (24ος μήνας). Η μέθοδος EVM απέδειξε επιτυχώς ότι:

- Το τελικό κόστος (Estimate at Completion - EAC) ταυτίζεται με το Actual Cost των 864.500 €, καταγράφοντας μια υπέρβαση της τάξης του 8%.
- Η χρονική υπέρβαση ανήλθε στους 6 μήνες (+33% του αρχικού χρόνου), αποδεικνύοντας ότι σε πολύπλοκα κτιριακά έργα με πολλαπλές εξαρτήσεις, οι μη ελεγχόμενοι κίνδυνοι (καιρός, εμπόδια εδάφους) και οι αλλαγές σχεδιασμού, μεταβάλλουν αναπόδραστα τα μεγέθη BCWS, BCWP και ACWP.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατασκευαστική βιομηχανία αποτελεί διαχρονικά έναν από τους πλέον δυναμικούς τομείς της οικονομίας, εντούτοις χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας και έντονη αβεβαιότητα. Ως εκ τούτου, η πλειονότητα των τεχνικών έργων έρχεται αντιμέτωπη με το φαινόμενο των χρονικών καθυστερήσεων και των οικονομικών υπερβάσεων. Το πρόβλημα αυτό σπάνια οφείλεται σε αμιγώς μηχανικές αδυναμίες, αλλά κατά κύριο λόγο πηγάζει από την ανεπάρκεια του αρχικού χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού, καθώς και από την απουσία συστημάτων δυναμικού ελέγχου κατά τη φάση της υλοποίησης.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη αυτού του προβλήματος, εφαρμόζοντας σύγχρονες μεθόδους προγραμματισμού και ελέγχου σε ένα πραγματικό έργο. Ειδικότερα, η έρευνα επικεντρώθηκε στην εφαρμογή της μεθόδου της Παραχθείσας Αξίας (Earned Value Management - EVM), σε συνδυασμό με τη Μέθοδο Κρίσιμης Διαδρομής (CPM), προκειμένου ναδειχθεί πώς τα απρόβλεπτα γεγονότα και οι αλλαγές απαιτήσεων μπορούν να ανατρέψουν το αρχικό χρονοδιάγραμμα αναφοράς (Baseline).

Ως μελέτη περίπτωσης αναλύθηκε η κατασκευή ενός σύγχρονου τριώροφου κτιρίου τριών κατοικιών με υπόγειο και κολυμβητική δεξαμενή, με υψηλές αρχιτεκτονικές και ηλεκτρομηχανολογικές (H/M) απαιτήσεις. Αρχικά, εκπονήθηκε η Δομική Ανάλυση Έργου (WBS) και συντάχθηκε το θεωρητικό χρονοδιάγραμμα (Baseline), με εκτιμώμενη διάρκεια 18 μηνών και εγκεκριμένο προϋπολογισμό 800.000 €. Στη συνέχεια, αναλύθηκε το ιστορικό της πραγματικής κατασκευής (As-Built) και αξιολογήθηκε η πρόοδος σε τρία κομβικά ορόσημα (6ος, 12ος και 18ος μήνας), μελετώντας τις επιπτώσεις πέντε κομβικών γεγονότων καθυστέρησης: γεωλογικά εμπόδια, τροποποιήσεις H/M μελετών, δυσμενείς καιρικές συνθήκες, αστοχία στεγάνωσης και γραφειοκρατικές καθυστερήσεις συνδέσεων.

Μέσα από την ανάλυση του έργου και τον υπολογισμό των δεικτών αποκλίσεων (CV, SV) και απόδοσης (CPI, SPI), παρήχθησαν τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά συμπεράσματα.

Σε ποσοτικό επίπεδο, η εφαρμογή της μεθόδου EVM απέδειξε την κλιμάκωση της αστοχίας του έργου:

- Στον 6ο μήνα, τα πρώτα προειδοποιητικά σήματα από το απρόβλεπτο γεωλογικό ρίσκο (βράχος) εμφάνισαν μια χρονική υστέρηση 21,6% και μια μικρή οικονομική υπέρβαση 3,3%.
- Στον 12ο μήνα, στο έργο εμφανίστηκε το "Φαινόμενο Ντόμινο", με την καθυστέρηση να εκτοξεύεται στο 51,8% λόγω αλλαγών στις μελέτες και το κόστος να ξεπερνά τον προγραμματισμό κατά 6,4%.
- Στον 18ο μήνα (συμβατική ημερομηνία λήξης), το έργο βρισκόταν μόλις στο 72,7% της ολοκλήρωσής του, καταγράφοντας χρονική απόκλιση 27,3% και υπέρβαση κόστους 9,7%.
- Τελικός Απολογισμός: Το έργο παραδόθηκε τελικά στους 24 μήνες, καταγράφοντας συνολική χρονική υπέρβαση 33% (6 μήνες) και οικονομική υπέρβαση 8% (συνολικό πραγματικό κόστος 864.500 €). Είναι αξιοσημείωτο ότι η χρονική υπέρβαση ήταν πολλαπλάσια της οικονομικής, καθώς οι "νεκροί χρόνοι" επιβάρυναν το έργο κυρίως με έμμεσα παρά με άμεσα κόστη.

Σε ποιοτικό επίπεδο, η σύνθεση των παραπάνω δεδομένων οδηγεί στα εξής κεντρικά συμπεράσματα:

1. Αισιοδοξία Σχεδιασμού: Η σύνταξη του Baseline των 18 μηνών βασίστηκε σε ένα "σενάριο βέλτιστης περίπτωσης". Δεν υπήρξε ρεαλιστική πρόβλεψη, ούτε ενσωματώθηκαν επαρκή χρονικά αποθέματα (buffers) για φυσιολογικούς κινδύνους. Το χρονοδιάγραμμα ήταν δομικά ανελαστικό.
2. Η Διαγνωστική Ακρίβεια της EVM: Η μέθοδος της Παραχθείσας Αξίας απέδειξε πλήρως την αξία της, ως ένα εξαιρετικά ακριβές σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης. Μετέτρεψε την υποκειμενική παρατήρηση του εργοταξίου σε μετρήσιμες χρηματικές μονάδες. Οι δείκτες πρόβλεψης (EAC) προειδοποίησαν έγκαιρα και με απόλυτη αξιοπιστία για το τελικό κόστος, μήνες πριν την ολοκλήρωση του έργου.
3. Το Όριο του Ελέγχου: Προκύπτει ξεκάθαρα ότι η διαγνωστική αξία των δεικτών (SPI, CPI) δεν επαρκεί από μόνη της. Η μέθοδος EVM συνιστά εργαλείο "διάγνωσης" και όχι

"θεραπείας". Επειδή οι ενδείξεις αποκλίσεων δεν συνοδεύτηκαν από την έγκαιρη λήψη δραστικών διορθωτικών αποφάσεων από τη Διεύθυνση Έργου (π.χ., τεχνικές συμπίεσης χρόνου, προσθήκη πόρων), το έργο κατέληξε σε αναπόφευκτη υπέρβαση.

Για τη θωράκιση μελλοντικών παρόμοιων τεχνικών έργων έναντι ανάλογων αστοχιών, προτείνονται οι ακόλουθες επιστημονικές πρακτικές:

1. Συστηματική Διαχείριση Κινδύνων (Risk Management): Επιβάλλεται η εκτέλεση γεωτεχνικών μελετών και ερευνητικών τομών πριν τη φάση θεμελίωσης. Παράλληλα, τα χρονοδιαγράμματα εξωτερικών εργασιών (π.χ. θερμοπρόσοψη, μονώσεις δωματίων) πρέπει να ενσωματώνουν "Καιρικά Παράθυρα".
2. Εφαρμογή της Μεθόδου Κρίσιμης Αλυσίδας (CCPM): Προτείνεται η μετάβαση από το παραδοσιακό CPM στην Κρίσιμη Αλυσίδα. Μέσω της CCPM, τα κρυφά χρονικά περιθώρια αφαιρούνται από κάθε εργασία και τοποθετούνται συλλογικά στο τέλος του χρονοδιαγράμματος, ως ένα ενιαίο «Χρονικό Απόθεμα Έργου» (Project Buffer) που απορροφά τα απρόβλεπτα.
3. Διαχείριση Αλλαγών: Κάθε αίτημα που μεταβάλλει το εύρος κατά τη φάση εκτέλεσης πρέπει να διέρχεται από επίσημη διαδικασία αξιολόγησης. Καμία εργασία δεν πρέπει να ξεκινά αν δεν έχει εγκριθεί επίσημα το επιπλέον κόστος και η παράταση χρόνου, δημιουργώντας ένα αναθεωρημένο χρονοδιάγραμμα.
4. Χρήση Μεθόδων Στοχαστικής Προσομοίωσης: Σε συνδυασμό με σύγχρονα λογισμικά προγραμματισμού (BIM 4D, Primavera P6), προτείνεται η χρήση στοχαστικών προσομοιώσεων κατά τη φάση σχεδιασμού. Με τον τρόπο αυτό, η Διεύθυνση Έργου αποκτά πιθανότητες υλοποίησης των χρονικών και οικονομικών της στόχων, υπό εναλλακτικά σενάρια συνθηκών, με σκοπό την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας και την ελαχιστοποίηση της παγίδας που ενέχει η μεροληπτική αισιοδοξία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δημητριάδης, Ε. (2025). Διοίκηση Έργου. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
- Κορρές, Γ., Χασιάκος, Α. (2003). Οικονομικά Τεχνικών Έργων, Τόμος Α': Οικονομική Τεχνική Έργων. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Καλοφωλιάς, Α., Τζάμος, Θ. (2003). Οικονομικά Τεχνικών Έργων, Τόμος Β': Σχεδιασμός και εκτίμηση έργων. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κοκκίνη, Ε. (2021). Εφαρμογή μεθόδων χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού και ελέγχου έργου - Μελέτη περίπτωσης. Διπλωματική Εργασία. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κορρές, Γ., Χασιάκος, Α. (2003). Οικονομικά Τεχνικών Έργων, Τόμος Α': Οικονομική Τεχνική Έργων. Πάτρα: ΕΑΠ
- Παντουβάκης, Π. (2019). Διαχείριση Τεχνικών Έργων. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Πήλιχου, Α. (2019). Χρονικός και οικονομικός προγραμματισμός τεχνικών έργων: Μελέτη περίπτωσης. Διπλωματική Εργασία. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χίντζιου, Α. (2020). Διαχείριση Κινδύνων και Έλεγχος Κατασκευαστικών Έργων με τη μέθοδο EVM. Διπλωματική Εργασία. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Anbari, F. T. (2003). Earned Value Project Management Method and Extensions. Project Management Journal, 34(4), 12-23.
- Ballesteros-Pérez, P., Larsen, G. D., & González-Cruz, M. C. (2018). Do projects really end late? On the shortcomings of the classical scheduling techniques. JOTSE: Journal of Technology and Science Education, 8(1), 17-33.
- Chanas, S., & Kamburowski, J. (1981). The use of fuzzy variables in PERT. Fuzzy Sets and Systems, 5(1), 11-19.
- Clark, W. (1922). The Gantt chart, a working tool of management. New York: Ronald Press Company.
- Clough, R. H., Sears, G. A., & Sears, S. K. (2015). Construction Project Management (6th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Elsaid, M., Nassar, K., Alqahtani, F.K., Abotaleb, I. (2025). Comparative analysis of earned value management techniques in construction projects. Sci Rep 15, 23606. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05834-z>

- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2016). *Earned Value Project Management* (4th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. Great Barrington, MA: North River Press.
- Harrison, F., & Lock, D. (2017). *Advanced project management: a structured approach* (4th ed.). London: Routledge.
- Haugan, G. T. (2002). *Effective Work Breakdown Structures*. Vienna, VA: Management Concepts.
- Hinze, J. W. (2012). *Construction Planning and Scheduling* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Kelley, J. E., & Walker, M. R. (1959). Critical-path planning and scheduling. *IRE Transactions on Engineering Management*, 6(3), 46-59.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Khamooshi, H., & Golafshani, H. (2014). EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement. *International Journal of Project Management*, 32(6), 1019-1041.
- Leach, L. P. (2016). *Critical Chain Project Management* (3rd ed.). Norwood, MA: Artech House.
- Lipke, W. (2003). Schedule is Different. *The Measurable News*, (Summer), 31-34.
- Lock, D. (2020). *Project Management* (12th ed.). Abingdon, Oxon: Routledge.
- Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & Fazar, W. (1959). Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation. *Operations Research*, 7(5), 646-669.
- Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2012). *Project Management: A Managerial Approach* (8th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Mubarak, S. A. (2015). *Construction Project Scheduling and Control* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Pellerin, R., & Perrier, N. (2019). A review of methods, techniques and tools for project planning and control. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2160-2178.
- Project Management Institute (PMI). (2019). *Practice Standard for Earned Value Management* (3rd ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.

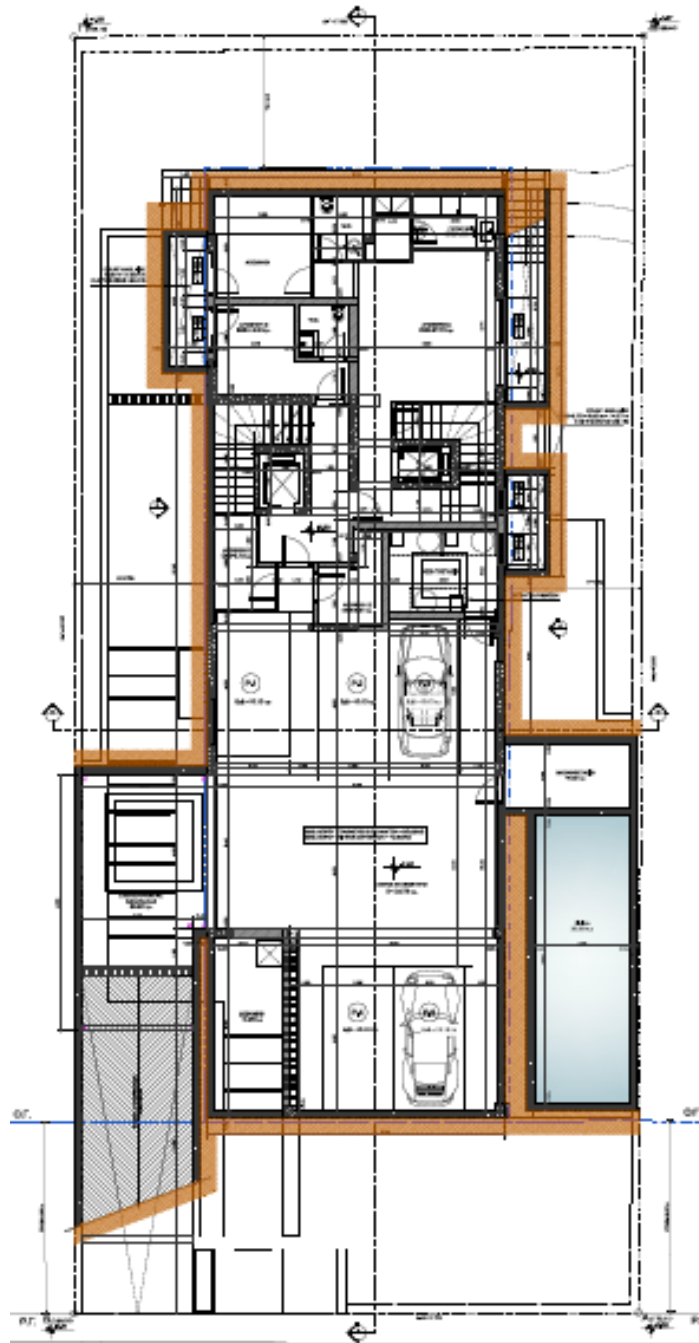
Project Management Institute (PMI). (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (7th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Vanhoucke, M. (2016). Integrated Project Management Sourcebook: A Technical Guide to Project Scheduling, Risk and Control. Springer International Publishing.

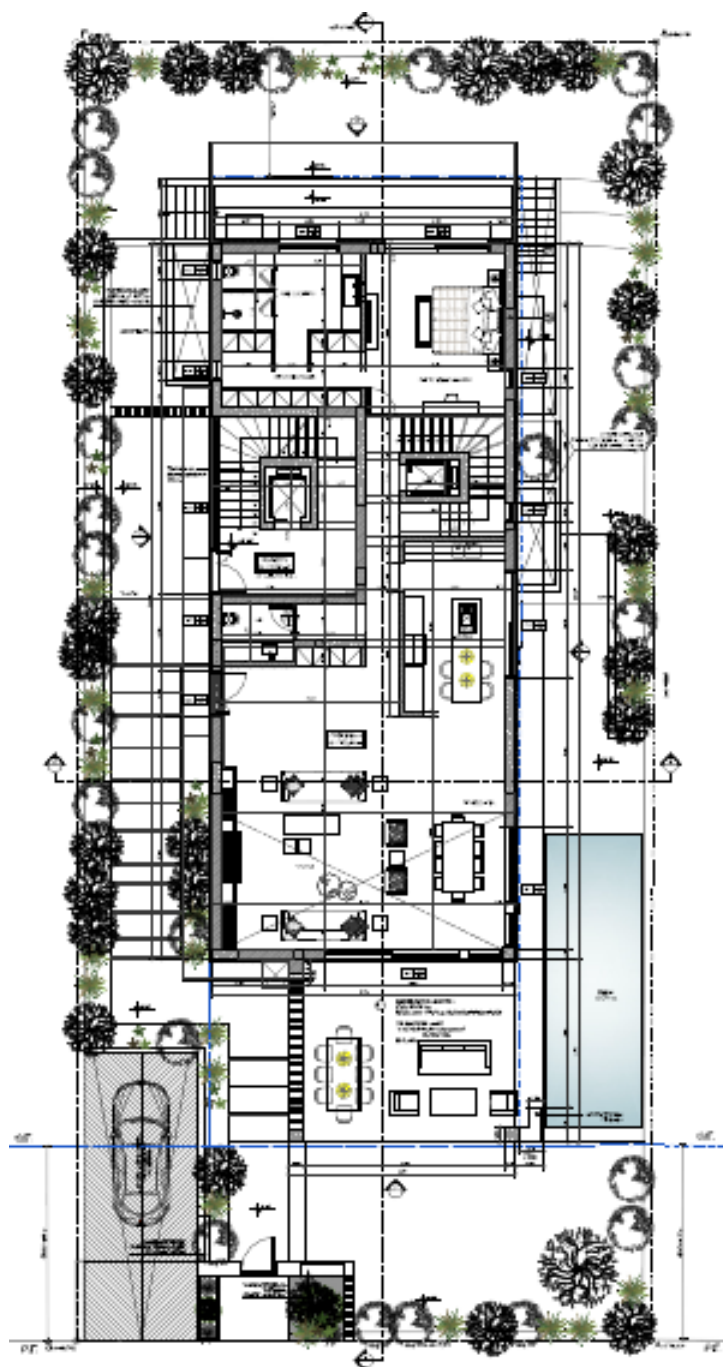
Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338-353.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

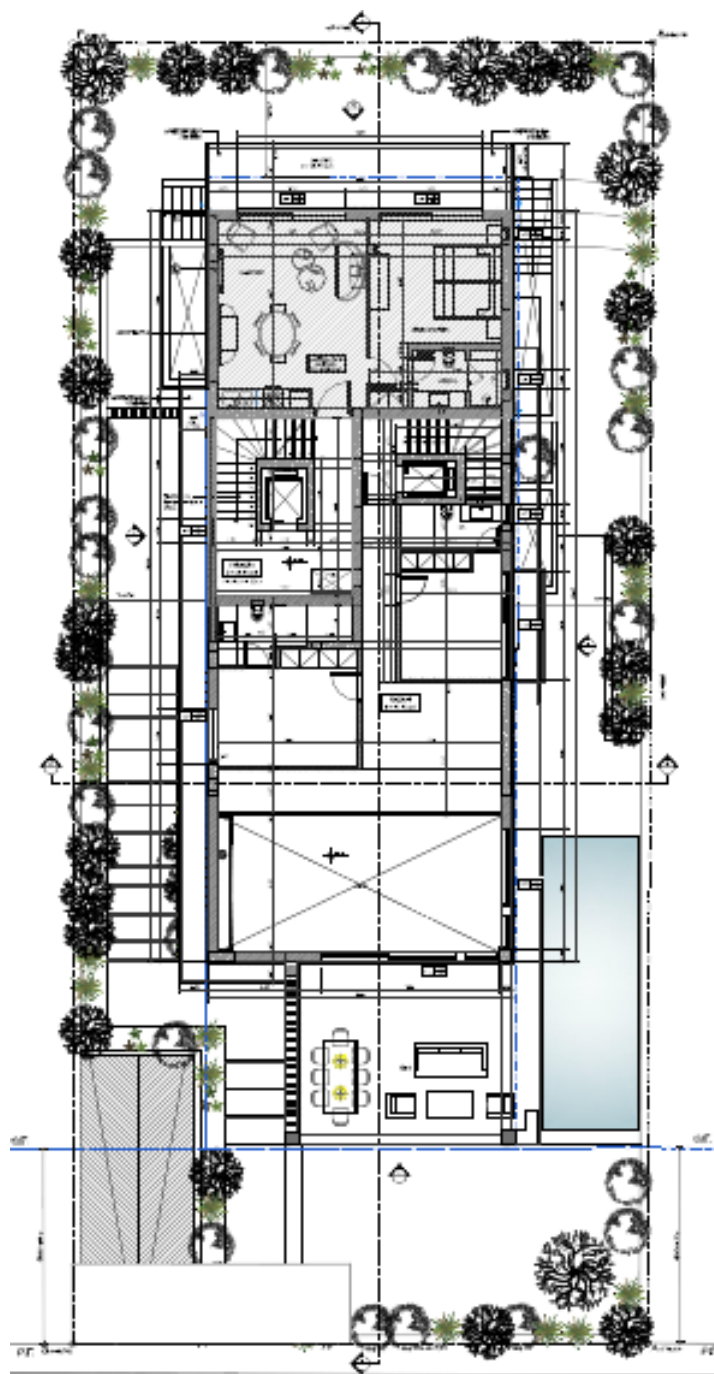
Παράρτημα Α: Αρχιτεκτονικά Σχέδια



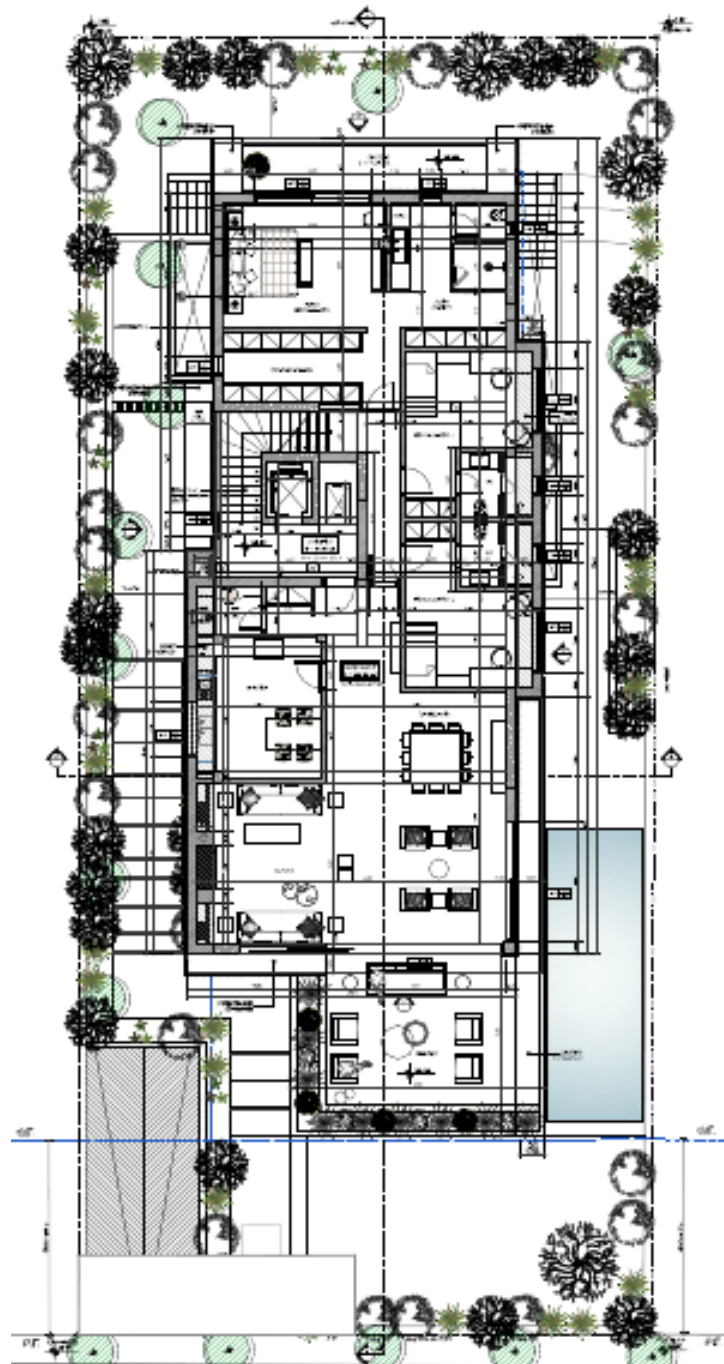
Σχήμα Α 1: Κάτοψη υπογείου.



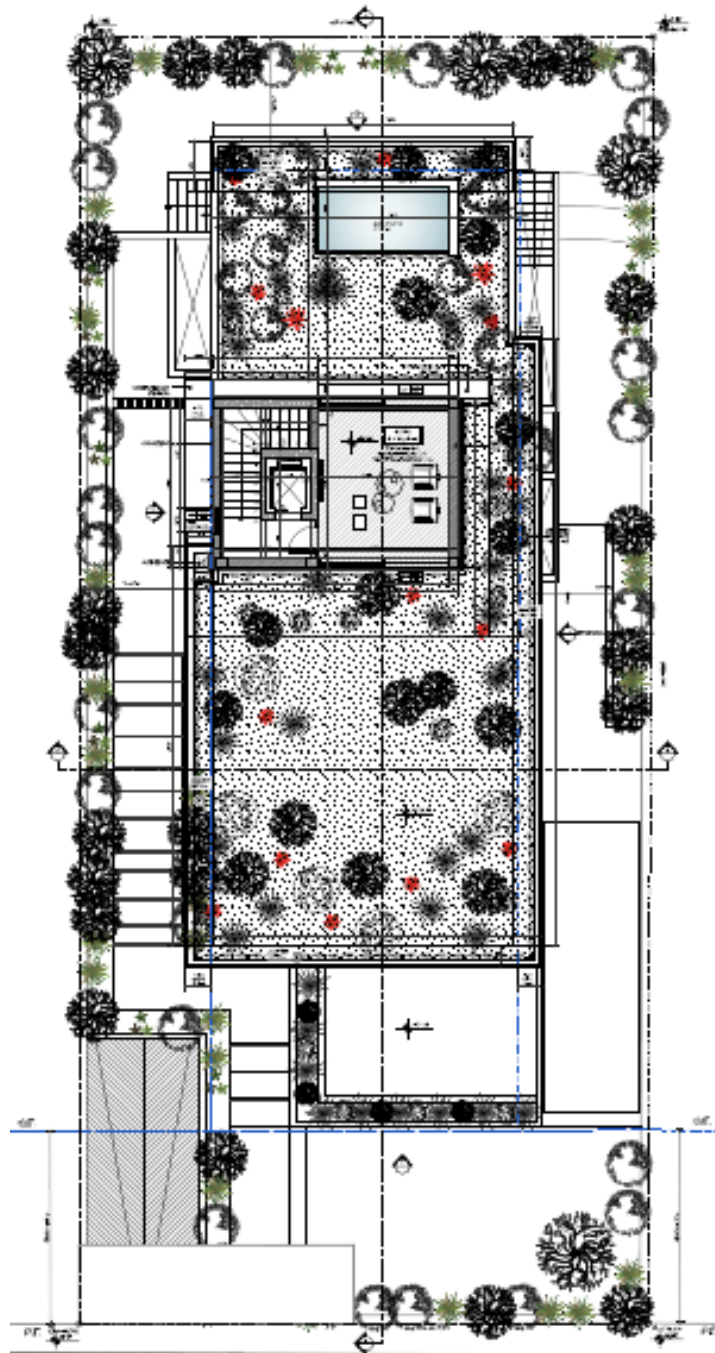
Σχήμα Α 2: Κάτοψη ισογείου.



Σχήμα Α 3: Κάτοψη Α ορόφου.



Σχήμα Α 4: Κάτοψη Β ορόφου.



Σχήμα Α 5: Κάτοψη Δώματος.



Σχήμα Α 6: Όψη 1.



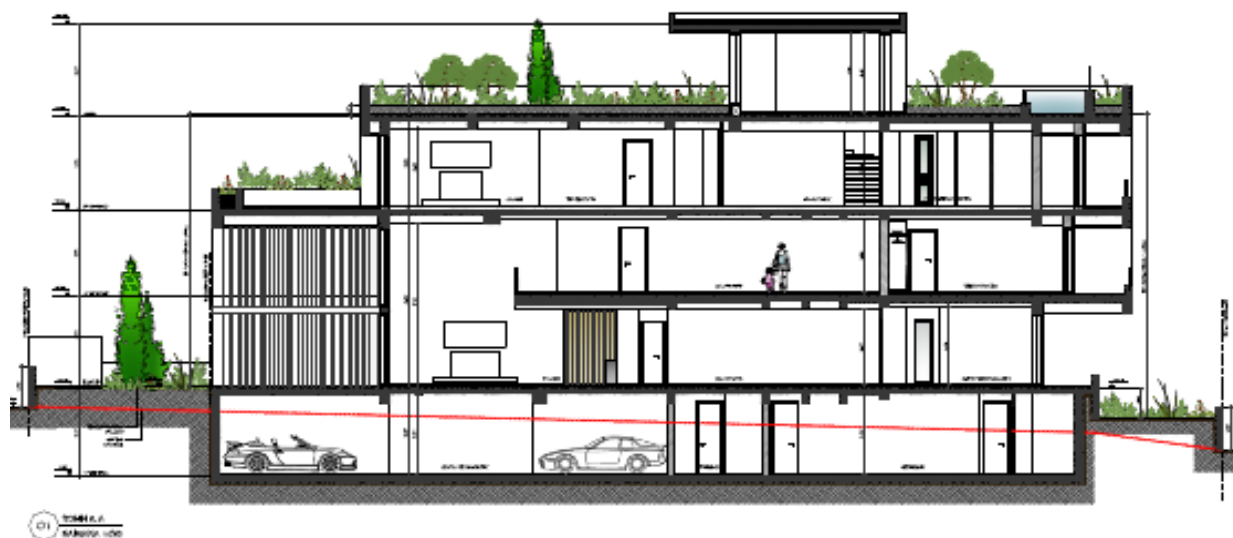
Σχήμα Α 7: Όψη 2.



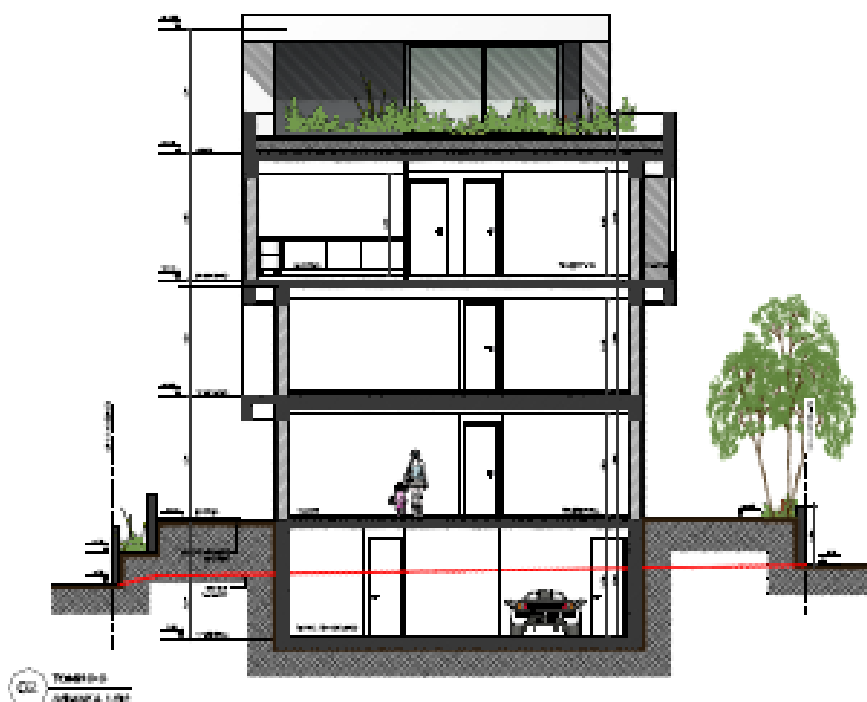
Σχήμα Α 8: Όψη 3.



Σχήμα Α 9: Όψη 4.



Σχήμα A 10: Τομή A-A.



Σχήμα A 11: Τομή B-B.

[illegible]

Σχήμα Β 1: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline (1/3).

[illegible]

Σχήμα Β 2: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline (2/3).

		ΜΗΡΑΖ:			ΜΗΡΑΖ:			ΜΗΡΑΖ:			ΜΗΡΑΖ:			ΜΗΡΑΖ:			ΣΑΧΛΗΡΩΘΗ ΕΠΙΤΑΞΙΩΝ:								
ΕΠΩ:	ΤΡΙΠΛΟΒΟ ΚΤΗΡΟ ΤΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΩΝ ΜΕ ΥΠΟΘΕΚΟ ΚΑΙ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ	13			14			15			16			17			18								
		ΕΒΔΟΜΑΔΑ:			ΕΒΔΟΜΑΔΑ:			ΕΒΔΟΜΑΔΑ:			ΕΒΔΟΜΑΔΑ:			ΕΒΔΟΜΑΔΑ:			ΕΒΔΟΜΑΔΑ:								
ΚΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
1	ΤΟΠΟΘΡΑΦΙΚΑ-ΠΑΡΑΚΕΙΣ																								
2	ΕΚΚΑΘΕΣ ΒΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ																								
3	ΕΚΚΑΘΗ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ & ΜΗΚΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ																								
4	ΕΥΤΥΛΗΘΗ ΕΛΑΦΟΥΣ (ΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ, ΕΥΚΑΙΣΕΙΣ)																								
5	ΜΠΕΤΟ ΚΑΒΑΡΙΟΤΗΤΕΣ																								
6	ΕΚΠΟΔΕΜΑΤΑ ΒΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ																								
7	ΕΚΠΟΔΕΤΗΚ ΜΑΝΔΥΑ ΠΙΣΙΝΕΣ & ΜΗΚΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ																								
8	ΒΕΜΕΛΙΑΚΗ ΓΕΩΩΗ																								
9	Ν/Μ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (ΣΟΛΗΝΕΣ ΑΠΟΚΕΤΕΥΣΕΩΣ & ΔΙΕΡΕΥΣΗ ΕΚΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΣΤΑΘΜΗ ΒΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ)																								
10	Ν/Μ Α' ΦΑΣΗΣ (ΚΟΝΕΥΤΑ ΠΙΣΙΝΕΣ)																								
11	ΣΟΛΗΝΕΣ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΩΣΕΩΣ ΠΙΣΙΝΕΣ																								
12	ΦΡΕΑΤΙΑ ΑΝΕΚΥΣΤΕΡΩΝ, ΑΥΜΑΤΩΝ & ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ																								
13	ΚΑΝΑΛΙΑ ΑΠΟΚΕΤΕΥΣΗΣ ΑΥΜΑΤΩΝ - ΑΚΑΒΑΠΤΩΝ ΥΠΟΓΕΩΩ																								
14	ΜΟΝΟΕΙΣ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΩΩ & ΑΠΟΤΕΛΕΣΤΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΥΠΟΓΕΩΩ																								
15	ΑΝΑΜΟΝΕΣ ΒΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΩΩΣΗΣ																								
16	ΕΥΚΑΙΣΕΙΣ ΒΕΜΕΛΙΩΝ																								
17	ΕΚΠΟΔΕΤΗΚ ΠΑΚΕΣ ΥΠΟΓΕΩΩ																								
18	ΕΚΠΟΔΕΤΗΚ ΒΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (ΚΟΝΙΝΕΣ-ΣΟΚΑΡΙΑ-ΠΑΚΕΣ)																								
19	ΚΑΤΑΚΕΤΗ ΠΛΑΚΩΝ ΔΟΜΑΤΩΝ																								
20	ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΟΡΟΣ (ΚΟΜΑΤΟΠΥΡΙΚΑ, ΒΕΡΟΔΕΜΑΤΑ)																								
21	ΥΠΟΣΜΑΤΑ ΕΣΤΕΡΗΚΑ & ΜΟΝΟΕΙΣ																								
22	ΣΤΕΜΝΟΤΩΝΕΙΣ, ΤΕΜΕΣΜΑΤΑ ΔΑΤΕΛΩΝ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΤΕΛΑ ΤΑΧΗ ΒΕΡΑΜΕΝΕΣ ΤΩ ΕΥΚΑΙΣΕΩΣ																								
23	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΑΝΕΚΥΣΤΕΡΩΝ Α' ΦΑΣΗΣ																								
24	ΚΥΛΙΟΤΑ ΚΟΝΟΜΕΤΑΚΑ ΔΟΜΑΤΩΝ (ΜΟΝΟΕΙΣ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΣΙΝΕΩΝ)																								
25	ΕΣΤΕΡΗΚΑ ΧΟΡΕΜΑΤΑ ΨΗΦΕΣ ΔΟΜΗΣ Α' ΦΑΣΗΣ (1 ^η ΠΛΕΥΡΑ ΓΥΩΓΑΝΙΔΑΣ)																								

Σχήμα Β 3: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline (3/3).

	ΜΗΝΑΣ								ΜΗΝΑΣ								ΜΗΝΑΣ								ΜΗΝΑΣ								ΜΗΝΑΣ															
ΕΡΓΟ	7								8								9								10								11								12							
	ΕΒΔΟΜΑΔΑ								ΕΒΔΟΜΑΔΑ								ΕΒΔΟΜΑΔΑ								ΕΒΔΟΜΑΔΑ								ΕΒΔΟΜΑΔΑ								ΕΒΔΟΜΑΔΑ							
ΑΡΧΟΝΤΑΔΕΥΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48																								
1																																																
2																																																
3																																																
4																																																
5																																																
6																																																
7																																																
8																																																
9																																																
10																																																
11																																																
12																																																
13																																																
14																																																
15																																																
16																																																
17																																																
18																																																
19																																																
20																																																
21																																																
22																																																
23																																																
24																																																
25																																																
26																																																
27																																																
28																																																
29																																																
30																																																
31																																																
32																																																
33																																																
34																																																
35																																																
36																																																
37																																																
38																																																
39																																																
40																																																
41																																																
42																																																
43																																																
44																																																
45																																																
46																																																
47																																																
48																																																
49																																																
50																																																
51																																																
52																																																
53																																																
54																																																
55																																																
56																																																
57																																																
58																																																
59																																																
60																																																
61																																																
62																																																
63																																																
64																																																
65																																																
66																																																
67																																																
68																																																
69																																																
70																																																
71																																																
72																																																
73																																																
74																																																
75																																																
76																																																
77																																																
ΣΥΝΟΛΟ	7.330,82	7.330,82	6.400,58	6.400,58	6.400,58	6.106,71	6.106,71	5.794,21	8.744,71	8.744,71	7.937,09	8.229,59	8.229,59	8.229,59	9.150,32	8.837,82	20.241,26	20.241,26	26.675,09	25.103,66	25.957,34	22.441,46	33.321,23	31.862,89																								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑ ΜΗΝΑ		27.462,80				24.408,23			33.636,10			34.447,32					92.261,27					112.582,92																										
ΑΠΡΟΟΡΙΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ		140.785,96				165.194,18			198.830,28			233.277,60					325.538,87					438.121,78																										

Σχήμα Β 5: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline με κόστη (2/3).

[illegible]

Σχήμα Β 6: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline με κόστη (3/3).



		ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (GANTT)																							
		ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ			
ΥΠΟ		1				2				3				4				5				6			
		ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ΚΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	1	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ-ΔΑΡΧΕΙΣ	312,50	312,50																					
	2	ΕΚΔΑΒΕΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ	312,50	312,50	312,50	312,50																			
	3	ΕΚΔΑΒΕΙ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ & ΜΗΚΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ																							
	4	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΕΛΑΦΙΟΥ (ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΙΣ, ΕΤΕΚΣΕΙΣ)			312,50	312,50	312,50	312,50																	
	16	ΥΠΟΚΟΙΤΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ													312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50
ΕΡΓΑΣΙΑ	25	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΟΙΤΟΣ (ΣΚΑΜΟΤΥΠΗΚΑ, ΣΥΡΟΔΕΜΑΤΑ)																	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50	312,50
	76	ΒΑΜΠΛΟΠΟΙΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΝΤΙΣΤΩΝ ΚΟΙΤΩΝ																							
	5	ΜΠΕΤΟ ΚΑΒΑΡΩΤΕΥΜΕΝΟ				950,23	950,23	950,23	950,23																
	6	ΣΥΡΟΔΕΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ					950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23							
	7	ΣΥΡΟΔΕΜΑΤΗ ΜΑΝΔΑ ΠΙΣΤΑΣ & ΜΗΚΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ					950,23	950,23	950,23																
ΣΥΡΟΔΕΜΑΤΑ	17	ΣΥΡΟΔΕΜΑΤΗ ΠΥΛΩΝ ΥΠΟΚΟΙΤΩΝ													950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23
	18	ΣΥΡΟΔΕΜΑΤΗ ΘΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (ΚΟΛΟΝΕΣ-ΔΟΚΑΡΙΑ ΠΥΛΩΝ)								950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23
	19	ΕΚΔΑΒΕΙ ΠΥΛΩΝ ΔΟΚΑΤΩΝ														950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23
	23	ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΙΣ, ΕΤΕΚΣΕΙΣ, ΔΑΤΕΙΣ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΤΕΙΑ (ΦΩΣΦΟΡΕΣΤΑΤΙΣΤΕΣ, ΠΥΛΩΝΕΣ)																950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23	950,23
	24	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΔΟΚΑΤΩΝ (ΔΟΚΟΙΣ-ΔΙΟΙΚΗΤΗΡΙΑ ΠΥΛΩΝ)																				950,23	950,23	950,23	950,23
ΥΠΟΚΟΙΤΕΣ	21	ΥΠΟΚΟΙΤΕΣ ΕΣΤΙΩΣΕΩΝ & ΜΟΝΟΕΙΣ																	1.352,94	1.352,94	1.352,94	1.352,94	1.352,94	1.352,94	1.352,94
	29	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΣΩΒΑΝΤΕΣΜΑΤΑ 1α ΚΕΥ. ΠΕΤΑΚΙ																							
	30	ΒΑΜΠΛΟΠΟΙΕΣ - ΚΑΤΕΔΑΒΑ																							
	31	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΣΩΒΑΝΤΕΣΜΑΤΑ 2α ΚΕΥ. ΛΕΙΤΩΜΑ																							
	32	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΣΩΒΑΝΤΕΣΜΑΤΑ 3α ΚΕΥ. ΠΥΛΩΝ (ΒΑΜΠΛΟ)																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	35	ΣΩΒΑΝΤΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΡΕΜΕΤΑ ΔΑΚΤΩΝ ΚΥΤΩΝ																							
	36	ΣΩΒΑΝΤΕΣ - ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΣΩΒΑΝΤΕΣΜΑΤΑ																							
	29	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΚΟΡΣΕΜΑΤΑ ΣΥΡΑΣ ΔΟΚΟΙΝ & ΒΑΘΗ (1α ΠΥΛΩΝΑ ΥΠΟΚΟΙΤΩΝ)																					1.944,44	1.944,44	1.944,44
	38	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΚΟΡΣΕΜΑΤΑ ΣΥΡΑΣ ΔΟΚΟΙΝ & ΒΑΘΗ (ΚΑΙΣΙΜΟΙ 2α ΠΥΛΩΝΑ ΥΠΟΚΟΙΤΩΝ)																							
	33	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ Α ΒΑΘΗ ΟΔΟΤΕΣ - ΠΥΛΩΝΑ																							
ΚΟΙΤΩΝΙΑ	63	ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΙΣΙΜΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ																							
	36	ΚΟΙΤΩΝΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΕΣΤΙΩΣΕΩΝ (ΚΟΙΤΕΣ, ΠΑΡΑΘΗΚΕΣ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ)																							
	37	ΚΟΙΤΩΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΕΣΤΙΩΣΕΩΝ - ΠΑΡΑΘΗΚΕΣ - ΠΥΛΩΝ																							
	42	ΥΠΟΚΟΙΤΕΣ ΥΠΟΚΟΙΤΩΝ ΕΣΤΙΩΣΕΩΝ ΚΟΙΤΩΝΙΑΣ																							
	47	ΥΠΟΚΟΙΤΕΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ (ΚΑΙΣΙΜΟΙ)																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	46	ΥΠΟΚΟΙΤΕΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΕΣΤΙΩΣΕΩΝ																							
	48	ΥΠΟΚΟΙΤΕΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	44	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ, ΠΥΛΩΝΕΣ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	45	ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ - ΕΤΕΚΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	46	ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ - ΕΤΕΚΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	48	ΕΤΕΚΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ (ΚΑΙΣΙΜΟΙ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ) & ΕΤΕΚΣΕΙΣ (ΚΑΙΣΙΜΟΙ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ) ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ																							
	14	ΚΑΙΣΙΜΟΙ - ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																	4.166,67	4.166,67	4.166,67	4.166,67	4.166,67	4.166,67	4.166,67
	43	ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ (ΚΑΙΣΙΜΟΙ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ, ΚΑΙΣΙΜΟΙ)																							
	62	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	63	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	80	ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ - ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	26	ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ (ΕΣΤΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙΣΙΜΟΙ)																							
	10	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	12	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	13	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	11	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	12	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	13	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	14	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	15	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	16	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	17	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	18	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	19	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	20	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	21	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	22	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	23	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	24	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	25	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
ΕΡΓΑΣΙΑ	26	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	27	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ																							
	28	ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ & ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ ΚΑΙΣΙΜΟΙ			</																				

Σχήμα Β 9: Διάγραμμα Gantt αρχικού χρονοδιαγράμματος Baseline ανά κατηγορία, με κόστη (3/3).

[illegible]

Σχήμα Β 10: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (1/4).

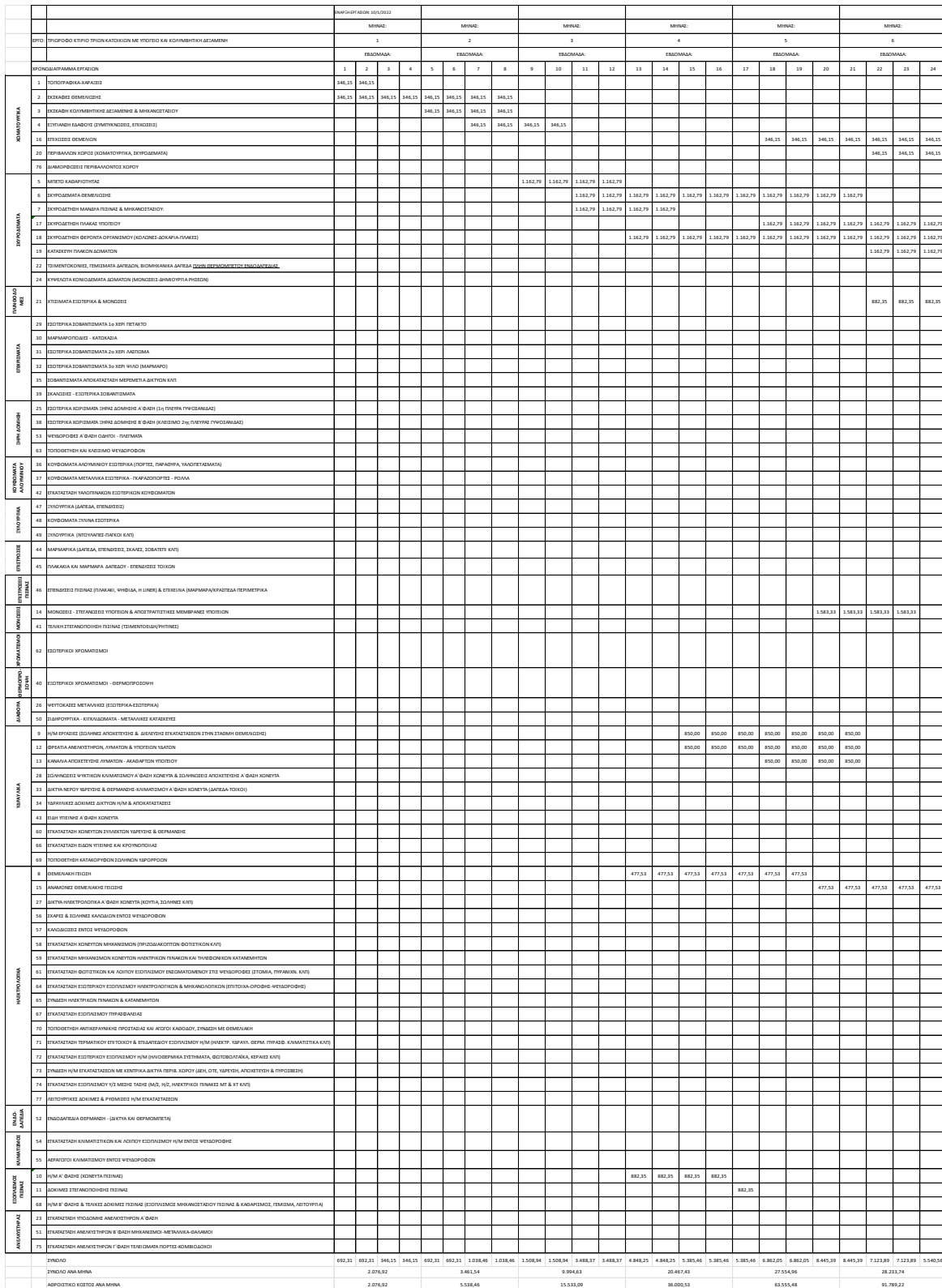
	ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ			
ΕΡΓΟ:	7				8				9				10				11				12			
	ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ			
ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΟΥ	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								
32																								
33																								
34																								
35																								
36																								
37																								
38																								
39																								
40																								
41																								
42																								
43																								
44																								
45																								
46																								
47																								
48																								
49																								
50																								
51																								
52																								
53																								
54																								
55																								
56																								
57																								
58																								
59																								
60																								
61																								
62																								
63																								
64																								
65																								
66																								
67																								
68																								
69																								
70																								
71																								
72																								
73																								
74																								
75																								
76																								
77																								
ΣΥΝΟΛΟ	5,540.56	6,999.10	6,999.10	6,999.10	8,101.89	8,101.89	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10	6,999.10
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΑ ΜΗΝΑ	26,357.86					30,081.99				26,021.88			24,585.02				18,759.67				5,944.26			
ΑΠΟΡΡΙΠΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ	118,147.08					148,229.07				175,150.95			199,795.97				218,495.63				224,439.89			

Σχήμα Β 11: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (2/4).

Σχήμα Β 12: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (3/4).

		ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ							
ΕΡΓΟ	ΠΡΟΦΟΡΟ ΚΤΗΡΙΟ ΤΡΙΩΝ ΚΑΤΩΦΛΩΝ ΜΕ ΥΠΟΓΕΩ ΚΑΙ ΚΟΜΜΗΤΗΡΙΟΝ ΔΕΛΤΑΙΩΝ	19				20				21				22				23				24			
		ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ							
		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
1	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΡΤΕΣ																								
2	ΚΟΙΝΩΝΕΣ ΟΜΟΛΟΓΗΣΕ																								
3	ΚΕΚΛΑΘΗ ΚΟΜΜΗΤΗΡΙΩΝ ΔΕΛΤΑΙΩΝ & ΜΗΚΑΝΟΕΤΑΙΩΝ																								
4	ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΛΑΒΩΤΩΝ (ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΙΣ, ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ)																								
5	ΜΗΕΤΟ ΚΑΡΑΦΟΤΗΤΩΝ																								
6	ΕΚΠΟΛΙΣΜΑΤΑ ΟΜΟΛΟΓΗΣΕ																								
7	ΕΚΠΟΛΙΣΜΕΤΗ ΜΑΜΑΡΙΑ ΠΕΡΙΛΑΒΕ & ΜΗΚΑΝΟΕΤΑΙΩΝ																								
8	ΔΕΜΟΛΑΜΕ ΤΕΙΧΩΝ																								
9	ΝΕΩΝ ΕΡΓΑΣΙΕΣ (ΣΟΛΩΝΕΣ ΑΠΟΚΕΤΡΙΩΣ & ΔΕΙΡΕΣΕΣ ΕΚΚΑΤΑΓΕΤΕΩΝ ΣΤΗΝ ΣΤΑΘΜΗΝ ΟΜΟΛΟΓΗΣΕ)																								
10	ΝΕΩΝ Α' ΦΑΝΕΣ (ΔΟΜΗΤΙΑ ΠΕΡΙΛΑΒΕ)																								
11	ΔΟΜΗΤΕΣ ΣΤΕΦΑΝΟΠΟΛΙΩΝ ΠΕΡΙΛΑΒΕ																								
12	ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΕΚΕΤΕΣΤΕΩΝ, ΑΝΙΣΤΩΝ & ΥΠΟΓΕΩΝ ΙΣΤΕΩΝ																								
13	ΚΑΝΑΛΙΑ ΑΠΟΚΕΤΡΙΩΣ ΑΝΙΣΤΩΝ - ΑΝΙΣΤΩΝ ΥΠΟΓΕΩΝ																								
14	ΜΟΝΟΕΙΣ - ΣΤΕΦΑΝΟΠΟΛΙΩΝ & ΑΠΟΚΕΤΡΙΩΤΕΣ ΜΕΜΕΡΑΝΕΣ ΥΠΟΓΕΩΝ																								
15	ΑΝΑΜΟΝΕΣ ΔΕΜΟΛΑΜΕ ΤΕΙΧΩΝ																								
16	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΟΜΟΛΟΓΗΣΕ																								
17	ΕΚΠΟΛΙΣΜΕΤΗ ΠΑΚΑΙΣ ΥΠΟΓΕΩΝ																								
18	ΕΚΠΟΛΙΣΜΕΤΗ ΕΡΓΟΝΑ ΟΡΓΑΝΩΣΕΩΣ (ΣΟΛΩΝΕΣ ΔΟΜΗΤΙΑ ΠΕΡΙΛΑΒΕ)																								
19	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΑΜΩΝ ΔΟΜΗΤΩΝ																								
20	ΕΡΓΑΣΙΑΝ ΕΡΓΟΝ ΔΟΜΗΤΩΝ, ΕΚΠΟΛΙΣΜΕΤΗ																								
21	ΕΡΓΑΣΙΑΝ ΕΡΓΟΝΑ & ΜΟΝΟΕΙΣ																								
22	ΤΕΙΧΟΜΕΤΩΝ, ΤΕΙΧΟΜΕΤΑ ΔΕΛΤΑΙΩΝ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΕΛΤΑΙΑ (ΠΕΡΙΛΑΒΕΤΕΣ ΤΕΙΧΟΜΕΤΩΝ, ΤΕΙΧΟΜΕΤΩΝ)																								
23	ΕΡΓΑΣΙΑΝ ΥΠΟΓΕΩΝ ΑΝΕΚΕΤΕΣΤΕΩΝ Α' ΦΑΝΕ																								
24	ΕΡΓΑΣΙΑΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑΝ ΔΟΜΗΤΩΝ (ΜΟΝΟΕΙΣ ΔΟΜΗΤΙΑ ΠΕΡΙΛΑΒΕ)																								
25	ΕΡΓΑΣΙΑΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑΝ ΔΟΜΗΤΩΝ ΔΟΜΗΤΩΝ Α' ΦΑΝΕ (ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΙΣ, ΕΠΙΣΚΕΨ																								

Σχήμα Β 13: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος, με κόστη (4/4).



Σχήμα Β 14: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος ανά κατηγορία, με κόστη (1/4).

[illegible]

Σχήμα Β 15: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος ανά κατηγορία, με κόστη (2/4).

		ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ				ΜΗΝΑΣ							
		13				14				15				16				17				18			
		ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ				ΕΒΔΟΜΑΔΑ			
		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ	1	ΤΕΤΡΑΠΕΡΙΩΔΙΑ ΜΑΡΤΙΟΣ																							
	2	ΕΚΔΑΨΕΙΣ ΕΒΔΟΜΑΔΙΕΣ																							
	3	ΕΚΔΑΨΕΙΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΔΕΚΑΜΕΝΗΣ & ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΤΑΙΩΝ																							
	4	ΕΚΔΑΨΕΙΣ ΕΒΔΟΜΑΔΙΕΣ (ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΙΣ, ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ)																							
	5	ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ ΟΜΟΙΟΥΣ																							
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	26	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΟΡΦΩΝ (ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ)																							
	76	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΟΡΦΩΝ																							
	1	ΑΠΕΡΙΣΤΕΥΤΑ ΕΚΔΑΨΕΙΣ																							
	6	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ																							
	7	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΑΣ ΠΕΡΙΩΔΙΑΣ & ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΤΑΙΩΝ																							
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	17	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΜΑΡΤΙΟΣ																							
	18	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΠΙΣΚΕΨΕΩΝ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ (ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ)																							
	19	ΕΚΔΑΨΕΙΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ																							
	21	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ																							
	24	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ)																							
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	31	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ & ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΤΑΙΩΝ																							
	29	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ 1α ΜΗΝ ΤΑΙΩΝ	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54																	
	30	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ - ΚΑΤΑΡΤΙΣΤΕΣ	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54																		
	31	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ 2α ΜΗΝ ΤΑΙΩΝ	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54															
	31	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ 3α ΜΗΝ ΤΑΙΩΝ (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ)	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54															
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	31	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΤΑΙΩΝ ΚΑΙ																							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54						158,54	158,54	158,54	158,54	158,54							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54						158,54	158,54	158,54	158,54	158,54							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54						158,54	158,54	158,54	158,54	158,54							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54	158,54						158,54	158,54	158,54	158,54	158,54							
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ Α' ΜΗΝ (1α ΤΑΙΩΝ ΤΑΙΩΝ)												2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ Α' ΜΗΝ (ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ 2α ΤΑΙΩΝ ΤΑΙΩΝ)												2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ Α' ΜΗΝ (ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ 3α ΤΑΙΩΝ ΤΑΙΩΝ)												2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ Α' ΜΗΝ (ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ 4α ΤΑΙΩΝ ΤΑΙΩΝ)												2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22							
	76	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ Α' ΜΗΝ (ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ 5α ΤΑΙΩΝ ΤΑΙΩΝ)												2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22	2.222,22							
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	36	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΚΚΑΠΕΡΙΩΔΙΑΣ																							

[illegible]

Σχήμα Β 17: Διάγραμμα Gantt υλοποιημένου χρονοδιαγράμματος ανά κατηγορία, με κόστη (4/4).