

Διαχείριση έργου κατασκευής κατοικιών. Μελέτη περίπτωσης: τριώροφο κτίριο τριών κατοικιών με υπόγειο και κολυμβητική δεξαμενή

Αθανασία – Κωνσταντίνα Α. Κουδουνά

Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ και Μεταπτ. Φοιτητής
ΔΧΤ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

std160700@ac.eap.gr

Σωτήρης Τσιβιλής

Καθηγητής Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ και
Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

tsivilis.sotirios@ac.eap.gr

Περίληψη – Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό, καθώς και τον έλεγχο της προόδου κατασκευαστικών έργων, και αναλύει ως μελέτη περίπτωσης την κατασκευή ενός τριώροφου κτιρίου κατοικιών με υπόγειο και κολυμβητική δεξαμενή. Η εργασία εφαρμόζει τη μέθοδο της Παραχθείσας Αξίας (Earned Value Management - EVM), σε συνδυασμό με τη Μέθοδο Κρίσιμης Διαδρομής (CPM), προκειμένου να ελεγχθεί η πρόοδος του υπό μελέτη έργου σε κομβικά ορόσημα και να αναλυθούν οι αποκλίσεις από το θεωρητικό χρονοδιάγραμμα αναφοράς (Baseline). Η ανάλυση υποδεικνύει την εμφάνιση του «Φαινομένου Ντόμινο» στις χρονικές καθυστερήσεις λόγω αστάθμητων παραγόντων και αλλαγών στα σχέδια που ζητήθηκαν εκ των υστέρων. Η εργασία αναδεικνύει την αξία της μεθόδου EVM ως αξιόπιστου εργαλείου έγκαιρης προειδοποίησης και προτείνει βέλτιστες πρακτικές, όπως η αυστηρή διαχείριση κινδύνων και η μετάβαση στη Μέθοδο Κρίσιμης Αλυσίδας (CCPM), για την αποτροπή αντίστοιχων αστοχιών στο μέλλον.

Λέξεις-Κλειδιά: Διαχείριση Τεχνικών Έργων, Μέθοδος Παραχθείσας Αξίας (EVM), Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (CPM), Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός, Κατασκευή Κατοικιών.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατασκευαστική βιομηχανία αποτελεί διαχρονικά έναν από τους πλέον δυναμικούς τομείς της 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 (Clough et al., 2015). Οι αστοχίες αυτές σπάνια σχετίζονται με αμιγώς μηχανικές αδυναμίες, αλλά συνήθως πηγάζουν από ελλείψεις στον αρχικό προγραμματισμό και στην απουσία δυναμικών συστημάτων ελέγχου κατά την υλοποίηση (Kerzner, 2017).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει τις προκλήσεις της διαχείρισης έργων στον κατασκευαστικό κλάδο, αναλύοντας, μέσω μιας μελέτης περίπτωσης, τον τρόπο με τον οποίο απρόβλεπτοι κίνδυνοι μπορούν να ανατρέψουν τον αρχικό σχεδιασμό. Η εργασία εστιάζει στη χρήση της μεθόδου της Παραχθείσας Αξίας (EVM),

ως εργαλείου ολοκληρωμένου ελέγχου, που ενοποιεί το φυσικό αντικείμενο, τον χρόνο και το κόστος, μετατρέποντας τη φυσική πρόοδο σε χρηματικές μονάδες (PMI, 2019). Ως μελέτη περίπτωσης εξετάζεται ένα πραγματικό έργο κατασκευής ενός σύγχρονου τριώροφου κτιρίου τριών κατοικιών με υπόγειο και κολυμβητική δεξαμενή.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Η μεθοδολογία βασίζεται στη συστηματική εφαρμογή των αρχών της Διαχείρισης Έργων. Αρχικά, εκπονήθηκε η Δομική Ανάλυση Έργου (Work Breakdown Structure - WBS), η οποία, σύμφωνα με τον Haugan (2002), αποτελεί τον θεμέλιο λίθο για την ιεραρχική αποδόμηση του αντικείμενου σε διαχειρίσιμα πακέτα εργασίας, διακρίνοντας τις οικοδομικές από τις ηλεκτρομηχανολογικές (H/M) εργασίες.

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η Μέθοδος Κρίσιμης Διαδρομής (Critical Path Method - CPM) για τον χρονικό προγραμματισμό (Kelley & Walker, 1959). Ορίστηκαν οι αλληλουχίες εκτέλεσης και οι διάρκειες των εργασιών, αναδεικνύοντας την Κρίσιμη Διαδρομή του έργου. Ο προϋπολογισμός που καταρτίστηκε και το χρονοδιάγραμμα, συγκρότησαν τη Γραμμή Αναφοράς (Baseline). Το αρχικό πλάνο προέβλεπε διάρκεια 18 μηνών και προϋπολογισμό 800.000 €.

Για τον έλεγχο προόδου της πραγματικής κατασκευής (As-Built), εφαρμόστηκε η μέθοδος EVM. Αναλύθηκε το ιστορικό της πραγματικής κατασκευής, καταγράφοντας τις πραγματικές διάρκειες και τα απολογιστικά κόστη. Όπως αναφέρει ο Anbari (2003), η μέθοδος EVM στηρίζεται στη σύγκριση τριών βασικών μεγεθών:

- Προγραμματισμένη Αξία (PV/BCWS)
 - Πραγματικό Κόστος (AC/ACWP)
 - Παραχθείσα Αξία (EV/BCWP)
- Μέσω αυτών, υπολογίζονται οι δείκτες:
- Απόκλιση Χρονοδιαγράμματος (SV) και Κόστους (CV)
 - Δείκτες Απόδοσης Χρονοδιαγράμματος (SPI) και Κόστους (CPI)
 - Εκτίμηση του Τελικού Κόστους Ολοκλήρωσης (EAC).

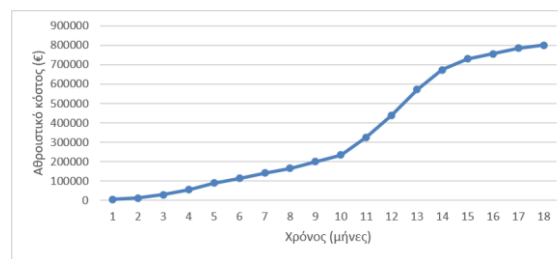
III. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ως μελέτη περίπτωσης αναλύθηκε η κατασκευή ενός τριώροφου κτιρίου τριών κατοικιών με υπόγειο, συνολικής επιφάνειας 653 τ.μ., και κολυμβητική δεξαμενή. Το κτίριο (**Σχήμα 1**) χαρακτηρίζεται από υψηλές αρχιτεκτονικές και ηλεκτρομηχανολογικές (Η/Μ) απαιτήσεις, συμπεριλαμβανομένης της εγκατάστασης συστημάτων "Smart Home" (KNX).



Σχήμα 1: Προοπτική απεικόνιση κτιρίου.

Η αρχική ανάλυση του έργου προέβλεπε συμβατική διάρκεια κατασκευής 18 μηνών και εγκεκριμένο προϋπολογισμό 800.000 €. Βάσει αυτού του σχεδιασμού, καταρτίστηκε η θεωρητική Καμπύλη S της Προγραμματισμένης Αξίας (**Σχήμα 2**), η οποία παρουσίαζε την ομαλή, προβλεπόμενη απορρόφηση των κεφαλαίων σε συνάρτηση με τον χρόνο.



Σχήμα 2: Καμπύλη S προϋπολογισθέντος κόστους (Baseline).

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΟΔΟΥ

Κατά τη φάση της υλοποίησης, το έργο ήρθε αντιμέτωπο με το "Φαινόμενο Ντόμινο" στις καθυστερήσεις. Εκδηλώθηκαν πέντε κομβικά γεγονότα (γεωλογικό εμπόδιο/βράχος, αλλαγές σχεδίων Η/Μ, δυσμενείς καιρικές συνθήκες, αστοχία στεγάνωσης πισίνας και γραφειοκρατικές καθυστερήσεις ΔΕΔΔΗΕ), τα οποία επηρέασαν άμεσα την Κρίσιμη Διαδρομή του έργου. Για την τεκμηρίωση της κατάστασης, η μέθοδος EVM εφαρμόστηκε σε τρία ορόσημα (6ος, 12ος, 18ος μήνας). Η ανάλυση του 12ου μήνα (**Πίνακας 1**) είναι αποκαλυπτική για την αποδιοργάνωση του έργου. Εξαιτίας των αλλαγών στις μελέτες Η/Μ, η κατηγορία «Ηλεκτρολογικές Εργασίες» καθηλώθηκε στο 15% ολοκλήρωσης, εμποδίζοντας την έναρξη των επόμενων εργασιών (Επιχρίσματα). Η συνολική χρονική καθυστέρηση άγγιξε το 51,8% (SPI = 0,482), αποδεικνύοντας την αδυναμία του αρχικού χρονοδιαγράμματος να απορροφήσει τους κραδασμούς.

Πίνακας 1: 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	ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΩΨΗ	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

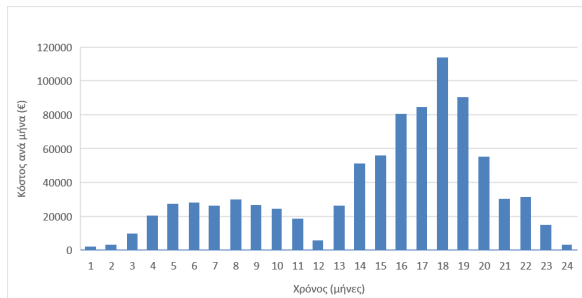
Στο κρίσιμότερο ορόσημο του 18ου μήνα (συμβατική ημερομηνία παράδοσης), αντί να έχει παραχθεί αξία 800.000 € (PC=100%), η Παραχθείσα Αξία (BCWP) ανήλθε μόλις στις 581.573 € (PC=72,7%). Παρά τις σπασμωδικές προσπάθειες επιτάχυνσης, οι οποίες αύξησαν το κόστος λόγω μη παραγωγικών χρόνων (ενοίκια κριωμάτων, αναμονές), ο Δείκτης Απόδοσης

Χρονοδιαγράμματος (SPI) ανέκαμψε ελαφρώς στο 0,727 και ο Δείκτης Απόδοσης Κόστους (CPI) διαμορφώθηκε στο 0,912 (**Πίνακας 2**).

Πίνακας 2: Έλεγχος προόδου 18^{ου} μήνα.

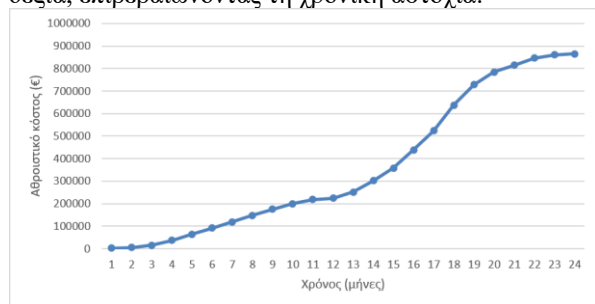
		BAC (€)	BCWS (€)	PC	ACWP (€)	BCWP (€)	SV (€)	SV(%)	CV (€)	CV(%)	CPI	SPI	EAC (€)
1	ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ	15.000	15.000	92%	15.231	13.750	-1.250	-8,3%	-1.481	-10,8%			16.615
2	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ	80.000	80.000	100%	100.000	80.000	0	0,0%	-20.000	-25,0%			100.000
3	ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ	23.000	23.000	100%	15.000	23.000	0	0,0%	8.000	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 ΕΚΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	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

Όπως προκύπτει από την έρευνα των Elsaid et al. (2025), η EVM λειτούργησε ως ακριβές σύστημα προειδοποίησης. Η πρόβλεψη του τελικού κόστους (EAC) υπολογίστηκε στα 833.340 €. Τελικά, το έργο παραδόθηκε στους 24 μήνες, καταγράφοντας συνολική χρονική υπέρβαση 33% (6 μήνες) και απολογιστικό κόστος 864.500 € (+8%). Η κατανομή των μηνιαίων πραγματικών δαπανών (Σχήμα 3) αποδεικνύει την επιμήκυνση του χρόνου κατασκευής και την καθυστερημένη κορύφωση της απορρόφησης κεφαλαίων σε σχέση με το αρχικό πλάνο.



Σχήμα 3: Πραγματικό κόστος ως προς το χρόνο.

Η σωρευτική αυτή απόκλιση απεικονίζεται χαρακτηριστικά και στην πραγματική Καμπύλη S (Σχήμα 4), όπου η καμπύλη "μετατοπίζεται" χρονικά προς τα δεξιά, επιβεβαιώνοντας τη χρονική αστοχία.



Σχήμα 4: Καμπύλη S πραγματικού κόστους έργου.

V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση επιβεβαιώνει ότι ο αρχικός προγραμματισμός συχνά βασίζεται σε ένα "σενάριο βέλτιστης περίπτωσης", υποτιμώντας τους κινδύνους και μην ενσωματώνοντας επαρκή χρονικά αποθέματα. Το κύριο συμπέρασμα είναι ότι η μέθοδος EVM συνιστά εξαιρετικό εργαλείο "διάγνωσης", προβλέποντας αξιόπιστα το τελικό κόστος από τα πρώτα στάδια. Ωστόσο, η διαγνωστική της αξία δεν επαρκεί "θεραπευτικά" εάν δεν συνοδεύεται από την έγκαιρη λήψη διορθωτικών μέτρων από τη Διεύθυνση Έργου (π.χ. συμπίεση χρόνου).

Η αδυναμία αυστηρής διαχείρισης των αλλαγών (scope creep) και η παθητική στάση απέναντι στα πρώτα εμπόδια οδήγησαν στο "Φαινόμενο Ντόμινο". Ως προτάσεις για τη θωράκιση μελλοντικών έργων αναδεικνύονται:

α) Η συστηματική διαχείριση κινδύνων (π.χ. "καιρικά παράθυρα", γεωτεχνικές τομές).

β) Η εφαρμογή αυστηρού πρωτοκόλλου εγκρίσεων για τις αλλαγές μελετών.

γ) Η μετάβαση από την παραδοσιακή CPM στη Μέθοδο Κρίσιμης Αλυσίδας (CCPM), η οποία σύμφωνα με τους Goldratt (1997) και Leach (2016), αφαιρεί τα κρυφά χρονικά περιθώρια από κάθε μεμονωμένη εργασία και τα τοποθετεί συλλογικά στο τέλος του χρονοδιαγράμματος ως ένα ενιαίο Project Buffer, απορροφώντας αποτελεσματικά τα απρόβλεπτα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Anbari, F. T. (2003). Earned Value Project Management Method and Extensions. Project Management Journal, 34(4), 12-23.

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.

Goldratt, E. M. (1997). Critical Chain. Great Barrington, MA: North River Press.

- Haugan, G. T. (2002). *Effective Work Breakdown Structures*. Vienna, VA: Management Concepts.
- 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.
- Leach, L. P. (2016). *Critical Chain Project Management* (3rd ed.). Norwood, MA: Artech House.
- Project Management Institute (PMI). (2019). *Practice Standard for Earned Value Management* (3rd ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.