



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Σχεδιασμός και οργάνωση έργου πολυκατοικίας μέσω BIM

Αηδώνης Δονάτος Μπέσης

Επιβλέπων Καθηγητής: Μάριος Προκόπιος Βαλαβανίδης

Πάτρα, Μάιος 2026

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2026

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την εφαρμογή της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) στον σχεδιασμό και τη διαχείριση τεχνικών έργων, με έμφαση στη μελέτη και υλοποίηση μιας πολυκατοικίας. Στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων του BIM στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού, του προγραμματισμού και της οργάνωσης ενός κατασκευαστικού έργου, σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους.

Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της τεχνολογίας BIM, αναλύοντας τις βασικές αρχές, τις εφαρμογές της στη διαχείριση έργων, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται η μεθοδολογία της έρευνας μέσω μιας μελέτης περίπτωσης, η οποία αφορά τον σχεδιασμό μιας πολυκατοικίας, όπου γίνεται σύγκριση μεταξύ παραδοσιακών προσεγγίσεων και της χρήσης BIM.

Η εργασία περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου της πολυκατοικίας με χρήση του λογισμικού Autodesk Revit, όπου αναλύεται η διαδικασία ανάπτυξης του αρχιτεκτονικού μοντέλου και η οργάνωση των δομικών στοιχείων. Στη συνέχεια, εξετάζεται ο προγραμματισμός και η οργάνωση του έργου, με ανάλυση των φάσεων κατασκευής, την κατανομή πόρων και τον χρονοπρογραμματισμό.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σύνδεση του μοντέλου BIM με τον προγραμματισμό του έργου, επιτυγχάνοντας την παρακολούθηση της εξέλιξης των κατασκευαστικών φάσεων, από τη θεμελίωση έως την ολοκλήρωση των τελικών εργασιών. Μέσω της ανάλυσης αυτής, αναδεικνύεται η συμβολή του BIM στη βελτίωση της ακρίβειας, της συνεργασίας και της αποδοτικότητας κατά την εκτέλεση του έργου.

Συμπερασματικά, η χρήση της τεχνολογίας BIM αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τον σύγχρονο κατασκευαστικό κλάδο, συμβάλλοντας στη μείωση λαθών, στον καλύτερο συντονισμό των εμπλεκόμενων φορέων και στη βελτιστοποίηση του χρόνου και του κόστους κατασκευής.

Λέξεις – Κλειδιά

BIM (Δομική Πληροφοριακή Μοντελοποίηση), Διαχείριση Τεχνικών Έργων, Χρονοπρογραμματισμός Έργου, Ψηφιακό Μοντέλο Κτιρίου, Autodesk Revit

Abstract

This thesis investigates the application of Building Information Modeling (BIM) in the design and management of construction projects, focusing on the case study of a residential multi-storey building. The main objective is to evaluate the contribution of BIM to improving design processes, project planning, and overall project organization compared to conventional methods.

Initially, the theoretical background of BIM technology is presented, including its fundamental principles, its applications in construction project management, and its advantages and limitations. Subsequently, the research methodology is developed through a case study involving the design of a residential building, where traditional approaches are compared with BIM-based processes.

The study includes the development of a digital model of the building using Autodesk Revit, analyzing the process of architectural modeling and the organization of structural elements. Furthermore, project planning and management are examined through the analysis of construction phases, resource allocation, and scheduling.

Special emphasis is given to the integration of the BIM model with project scheduling, enabling effective monitoring of construction progress, from the foundation stage to the completion of finishing works. This integration demonstrates how BIM enhances accuracy, collaboration, and efficiency throughout the project lifecycle.

In conclusion, BIM technology emerges as a powerful tool for the modern construction industry, contributing to error reduction, improved coordination among stakeholders, and optimization of project time and cost.

Keywords

Building Information Modeling (BIM), Construction Project Management, Project Scheduling, Digital Building Model, Autodesk Revit

Περιεχόμενα

| | |
|---|------|
| Περίληψη..... | iii |
| Abstract | iv |
| Περιεχόμενα | v |
| Κατάλογος Πινάκων | vii |
| Συντομογραφίες & Ακρωνύμια..... | viii |
| 1 Εισαγωγή..... | 9 |
| 1.1 Σκοπός και αντικείμενο εργασίας..... | 10 |
| 1.2 Δομή εργασίας | 10 |
| 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο – Τεχνολογία BIM | 12 |
| 2.1 Έννοια και βασικές αρχές της μεθοδολογίας BIM..... | 12 |
| 2.2 Εφαρμογή του BIM στη διαχείριση τεχνικών έργων | 20 |
| 2.3 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί της χρήσης BIM..... | 24 |
| 3 Μεθοδολογία και Μελέτη Περίπτωσης..... | 28 |
| 3.1 Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης πολυκατοικίας..... | 28 |
| 3.2 Συμβατικές μέθοδοι σχεδιασμού και οργάνωσης έργου..... | 32 |
| 3.3 Καθορισμός παραμέτρων και δεδομένων της μελέτης | 35 |
| 4 Σχεδιασμός Πολυκατοικίας με τη Χρήση BIM (Revit)..... | 39 |
| 4.1 Εισαγωγή..... | 39 |
| 4.2 Ανάπτυξη βασικού αρχιτεκτονικού μοντέλου | 39 |
| 4.3 Οργάνωση δομικών στοιχείων και επιπέδων..... | 45 |
| 5 Προγραμματισμός και Οργάνωση Έργου | 52 |
| 5.1 Ανάλυση φάσεων και δραστηριοτήτων έργου..... | 52 |
| 5.1.1 Δομική ανάλυση έργου | 52 |
| 5.1.2 Κατανομή πόρων..... | 58 |
| 5.2 Χρονοπρογραμματισμός έργου και πόρων | 60 |
| 5.3 Συσχέτιση σχεδιασμού BIM με τον προγραμματισμό έργου | 63 |
| 5.3.1 Ολοκλήρωση θεμελίωσης..... | 63 |
| 5.3.2 Ολοκλήρωση πιλοτής (πλάκα ισογείου και φέρον σύστημα ισογείου)..... | 64 |
| 5.3.3 Ολοκλήρωση 1ου ορόφου | 65 |
| 5.3.4 Ολοκλήρωση 2ου ορόφου | 66 |
| 5.3.5 Ολοκλήρωση 3ου ορόφου | 67 |
| 5.3.6 Ολοκλήρωση 4ου ορόφου | 68 |
| 5.3.7 Ολοκλήρωση ταράτσας (δώμα) | 69 |
| 5.3.8 Ολοκλήρωση εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας | 69 |
| 5.3.9 Επιχρίσματα, επιστρώσεις δαπέδων, ξυλουργικές και μεταλλικές εργασίες | 71 |
| 6 Συμπεράσματα..... | 73 |
| Βιβλιογραφία..... | 78 |

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1 Διαστάσεις BIM (προσαρμογή από Philip 2013) | 18 |
| Εικόνα 2 Τυπικές διαμορφώσεις πιλοτής | 29 |
| Εικόνα 3 Χαρακτηριστική διαμόρφωση μπαλκονιών..... | 30 |
| Εικόνα 4 Τυπική διαμόρφωση δώματος σε πολυκατοικίες στην Ελλάδα (Πηγή: https://www.polikatikia.gr/diaxirisi/ti-einai-to-doma-se-mia-polukatikia/)..... | 31 |
| Εικόνα 5: Δομικός Κάνναβος και Οργάνωση Αξόνων Κτιρίου (Ιδία πηγή)..... | 41 |
| Εικόνα 6: Τρισδιάστατη Οργάνωση Καννάβου και Σταθμών (Levels) (Ιδία πηγή)..... | 43 |
| Εικόνα 7: Τρισδιάστατη Απεικόνιση Ολοκληρωμένου BIM Μοντέλου Πολυκατοικίας | 45 |
| Εικόνα 8: Εσωτερική Τομή Κτιρίου | 47 |
| Εικόνα 9Κάτοψη Τυπικού Ορόφου με Χωρική Διάταξη και Εξοπλισμό | 48 |
| Εικόνα 10: Όψη Κτιρίου και Κατακόρυφη Οργάνωση Φέρουσας Δομής | 49 |
| Εικόνα 11: Κύρια Όψη Κτιρίου και Μορφολογική Οργάνωση | 50 |
| Εικόνα 12 Ιεραρχική δομή των κύριων διαδικασιών κατασκευής του έργου | 55 |
| Εικόνα 13 Επιμέρους διεργασίες και ιεραρχία αυτών για την φάση των χωματουργικών εργασιών | 56 |
| Εικόνα 14 Επιμέρους διεργασίες και ιεραρχία αυτών για την φάση εργασιών κατασκευής του φέροντος οργανισμού | 57 |
| Εικόνα 15 Πίνακας του έργου | 60 |
| Εικόνα 16 Διάγραμμα Gantt του εξεταζόμενου έργου | 61 |
| Εικόνα 17 Αποτελέσματα χρονοπρογραμματισμού του έργου. Η στήλη critical περιλαμβάνει με μπλε σημείωση τις δραστηριότητες που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή. Ο πίνακας παρουσιάζει τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης εργασιών ενώ οι δύο τελευταίες στήλες παρουσιάζουν το χρόνο αργότερης έναρξης και λήξης για την κάθε διεργασία. | 62 |
| Εικόνα 18 Κατανομή και χρήση πόρων κατά την κατασκευή του έργου | 63 |
| Εικόνα 19 Ολοκλήρωση θεμελίωσης..... | 64 |
| Εικόνα 20 Ολοκλήρωση δοκών πιλοτής και πλάκας 1 ^{ου} ορόφου | 65 |
| Εικόνα 21 Ολοκλήρωση 1 ^{ου} ορόφου και πλάκας δευτέρου ορόφου όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης | 66 |
| Εικόνα 22 Ολοκλήρωση 2 ^{ου} ορόφου και πλάκας τρίτου ορόφου όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης | 67 |
| Εικόνα 23 Ολοκλήρωση 3 ^{ου} ορόφου και πλάκας τετάρτου ορόφου όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης | 68 |
| Εικόνα 24 Ολοκλήρωση 4 ^{ου} ορόφου και πλάκας ταράτσας όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης | 69 |
| Εικόνα 25 Ολοκλήρωση εξωτερικής τοιχοποιίας | 70 |
| Εικόνα 26 Ολοκλήρωση εσωτερικής τοιχοποιίας (B όροφος)..... | 71 |
| Εικόνα 27 Ολοκλήρωση κατασκευών | 72 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1 Βασικά γεωμετρικά δεδομένα κτιρίου | 36 |
| Πίνακας 2 Περιγραφή στοιχείων και υλικών κτιρίου | 37 |
| Πίνακας 3 Διαστάσεις βασικών παραμέτρων | 37 |
| Πίνακας 4 Δομική ανάλυση έργου..... | 54 |
| Πίνακας 5 Ανάθεση εργασιών σε συνεργεία..... | 59 |

Συνομογραφίες & Ακρωνύμια

Ακολουθούν κάποια παραδείγματα:

| | |
|-----|-------------------------------|
| ΔΕ | Διπλωματική Εργασία |
| ΕΑΠ | Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο |
| ΘΕ | Θεματική Ενότητα |
| ΠΕ | Πτυχιακή Εργασία |
| ΠΣ | Πρόγραμμα Σπουδών |
| ΣΥΝ | Συντονιστής |

1 Εισαγωγή

Η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Modeling – BIM) είναι μια ψηφιακή μεθοδολογία σχεδιασμού στην οποία ένα τρισδιάστατο παραμετρικό μοντέλο κτιρίου εμπλουτίζεται με δεδομένα που αφορούν υλικά, ιδιότητες, κόστος και χρονοδιαγράμματα. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές 2D σχεδιαστικές προσεγγίσεις, το BIM δεν είναι απλώς ένα στατικό σχέδιο αλλά ένα αντικειμενοστραφές μοντέλο που επιτρέπει την αμφίδρομη ενημέρωση όλων των όψεων, τομών και πινάκων σχεδίου. Όπως σημειώνεται στην συναφή βιβλιογραφία (Eastman et al., 2011), το BIM θεωρείται μια ψηφιακή καινοτομία που μετασχηματίζει τις κατασκευαστικές διαδικασίες, ενισχύοντας τη συνεργασία μεταξύ των μελετητών, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα και βελτιώνοντας τη διαχείριση του κύκλου ζωής του έργου. Αντίστοιχα, ο Azhar (2012) επισημαίνει ότι το BIM αποτελεί «επαναστατική τεχνολογία και διαδικασία» που έχει αλλάξει ριζικά τον τρόπο σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων. Οι Eastman et al., (2011) επιβεβαιώνουν ότι το BIM υποστηρίζει τη δημιουργία «έξυπνων» μοντέλων, αφού αντιπροσωπεύει το κτίριο μέσω αντικειμενοστραφούς μοντελοποίησης των στοιχείων του, παρέχοντας πλούσιες πληροφορίες για κάθε δομικό μέρος. Συνολικά, στη βιβλιογραφία υπογραμμίζεται ότι το BIM μειώνει τα σφάλματα, ελαχιστοποιεί τα κόστη και ενισχύει τον συντονισμό ανάμεσα σε όλους τους εμπλεκόμενους.

Πέρα από το 3D μοντέλο, το BIM έχει εξελιχθεί σε πολυδιάστατη προσέγγιση (4D, 5D κ.ά.) που ενσωματώνει και το χρόνο και το κόστος. Σε αυτή την κατεύθυνση, προστίθεται στο BIM μια τέταρτη διάσταση (4D BIM) συνδέοντας το ψηφιακό μοντέλο με το χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης των εργασιών. Αυτό επιτρέπει σε όλους τους εμπλεκόμενους να βλέπουν και να κατανοούν οπτικά τη σειρά εκτέλεσης των εργασιών (εικονικό διάγραμμα του έργου), κάτι που διευκολύνει την επικοινωνία και τον συντονισμό των εργασιών στο εργοτάξιο. Επιπλέον, τέτοιου είδους 4D προσομοιώσεις βοηθούν στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και στη διαχείριση πόρων (μηχανικοί, υλικά, εξοπλισμός). Με άλλα λόγια, η διασύνδεση του BIM με το χρονοδιάγραμμα ενισχύει τον έλεγχο των εργασιών, μειώνει τις καθυστερήσεις και τις αστοχίες στην κατασκευή και βελτιώνει συνολικά την απόδοση του έργου. Ως σύνολο, το BIM αποτελεί μια ολιστική

μεθοδολογία που προωθεί τη συνεργασία, τη μείωση σφαλμάτων και την αποδοτικότερη διαχείριση πόρων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου

1.1 Σκοπός και αντικείμενο εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο σκοπό να διερευνήσει τις δυνατότητες αξιοποίησης του BIM (με τη χρήση του λογισμικού Revit) στο σχεδιασμό και στο χρονοπρογραμματισμό της ανέγερσης μιας πολυκατοικίας ώστε να καθοριστεί ένα πλαίσιο για την εφαρμογή των αρχών του BIM σε επόμενες μελέτες. Συγκεκριμένα, επιδιώκεται να εφαρμοστεί μια ολοκληρωμένη διαδικασία BIM που περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός 3D ψηφιακού μοντέλου πολυκατοικίας, την ταυτόχρονη ενσωμάτωση στοιχείων κόστους και χρόνου στο μοντέλο (ανάλυση 4D) καθώς και την εξαγωγή βασικών αποτελεσμάτων.

Η υπόθεση εργασίας της παρούσας ΜΔΕ αφορά στην αξιοποίηση της εφαρμογής BIM στον σχεδιασμό ενός κτιρίου καθώς και στην οργάνωση των διαδικασιών και διεργασιών κατασκευής αυτού. Ως μελέτη περίπτωσης εξετάζεται μια τυπική πολυκατοικία. Η μελέτη εστιάζει στην απόδοση της μεθοδολογίας BIM καθαυτής. Στόχος της εργασίας είναι να αναδείξει πώς η εφαρμογή του BIM επηρεάζει θετικά τον σχεδιασμό, βελτιώνοντας την ακρίβεια των μελετών και τον συντονισμό μεταξύ ειδικοτήτων, καθώς και τον προγραμματισμό, επιτυγχάνοντας ευκρινέστερη απεικόνιση της πορείας εργασιών και καλύτερο έλεγχο του χρονοδιαγράμματος στην βιομηχανία κατασκευών.

1.2 Δομή εργασίας

Η παρούσα ΜΔΕ είναι δομημένη ως εξής. Αρχικά, στο πλαίσιο της θεωρητικής προσέγγισης, πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση όσον αφορά στο BIM, επικεντρωμένη στα οφέλη του στη φάση του σχεδιασμού και του προγραμματισμού. Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας που αφορά σε αυτό το πλαίσιο, παρουσιάζονται ορισμοί, επίπεδα ωριμότητας και χαρακτηριστικά του BIM, καθώς και παραδείγματα εφαρμογών του σε αντίστοιχα έργα. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται η περιγραφή μελέτης περίπτωσης με τον καθορισμό των δεδομένων για την προς ανέγερση πολυκατοικία και περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία κατασκευής του ψηφιακού μοντέλου στο Revit. Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η 3D σχεδίαση όλων των δομικών στοιχείων, εγκαταστάσεων

και υποδομών του κτιρίου, χρησιμοποιώντας παραμετρικά στοιχεία ώστε να διευκολύνεται κάθε αλλαγή στο σχέδιο. Παράλληλα, καθορίζονται οι βασικές δραστηριότητες και προδιαγραφές κάθε φάσης κατασκευής.

Στη συνέχεια, εκτελείται η σύνδεση του μοντέλου με το χρονοδιάγραμμα (4D BIM), όπου κάθε στοιχείο του μοντέλου αντιστοιχείται με εργασίες του χρονοδιαγράμματος. Με αυτόν τον τρόπο κατασκευάζεται ένα χρονικό μοντέλο που προσομοιώνει την πορεία των εργασιών. Κατά τη διαδικασία αυτή, εξάγονται πληροφορίες όπως υπολογισμοί ποσοτήτων υλικών, εντοπισμοί πιθανών συγκρούσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ συστημάτων.

Στο τελευταίο μέρος της εργασίας (κεφάλαια 4 και 5) αναλύονται τα ευρήματα και εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται συγκριτικά παραδείγματα και αξιολογείται η επίδραση των διαδικασιών BIM στην ταχύτητα, στην ακρίβεια του σχεδιασμού και στην αποτελεσματικότητα της διαχείρισης του έργου. Τέλος, στο κεφάλαιο 5 συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα, επισημαίνονται οι περιορισμοί της μελέτης και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα στον τομέα.

2 Θεωρητικό Υπόβαθρο – Τεχνολογία BIM

2.1 Έννοια και βασικές αρχές της μεθοδολογίας BIM

Τα τελευταία χρόνια, η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίων (Building Information Modelling - BIM) έχει αναδιαμορφώσει τον κλάδο της αρχιτεκτονικής, της μηχανικής και των κατασκευών. Το BIM περιλαμβάνει τόσο διαδικασίες όσο και τεχνολογία. Το κομμάτι της διαδικασίας επιτρέπει υψηλό επίπεδο συνεργασίας και προωθεί την ενσωμάτωση των λειτουργιών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών στα κατασκευαστικά έργα. Αντίστοιχα, το τεχνολογικό κομμάτι βοηθά τους συμμετέχοντες στο έργο να απεικονίσουν την κατασκευαστική λειτουργία ολόκληρου του έργου σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον, ώστε να αναγνωρίζουν τυχόν πιθανές συγκρούσεις σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας (Azhar et al., 2012).

Το BIM, στην συναφή βιβλιογραφία, ορίζεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και τείνει να σημαίνει διαφορετικά πράγματα ανάλογα με το πλαίσιο στο οποίο εξετάζεται. Αφενός, το BIM είναι καθαρά ένας τεχνικός παράγοντας με τη μορφή ενός εξελιγμένου λογισμικού, αφετέρου, προσφέρει ένα φιλοσοφικό πλαίσιο που προσφέρει μια παραδειγματική αλλαγή στον κατασκευαστικό τομέα. Στην πραγματικότητα, το BIM περιλαμβάνει και τα δύο αυτά άκρα καθώς και όλα όσα παρεμβάλλονται μεταξύ τους.

Οι πρώτοι ορισμοί του BIM έθεταν πάντα την ψηφιακή φύση του στον πυρήνα του ορισμού του. Σύμφωνα με την AGC (2006), το BIM είναι «*Η ανάπτυξη και η χρήση μιας τεχνολογίας για την προσομοίωση της κατασκευής και της λειτουργίας μιας εγκατάστασης από την οποία μπορούν να εξαχθούν και να αναλυθούν απόψεις και δεδομένα κατάλληλα για διάφορες ανάγκες των χρηστών. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη δημιουργία πληροφοριών για τη λήψη αποφάσεων που βελτιώνουν τη διαδικασία παράδοσης της εγκατάστασης*». Το National Institute of Building Sciences (2007) ορίζει το BIM ως «*Ένα Μοντέλο Πληροφοριών Κτιρίου, ή BIM, που χρησιμοποιεί ψηφιακή τεχνολογία αιχμής για να δημιουργήσει μια υπολογίσιμη αναπαράσταση όλων των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας εγκατάστασης και των σχετικών πληροφοριών έργου/κύκλου ζωής της, και προορίζεται να αποτελέσει ένα αποθετήριο πληροφοριών για τον ιδιοκτήτη/διαχειριστή της εγκατάστασης, ώστε να μπορεί να τη χρησιμοποιεί και να*

διατηρεί καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής αυτής». Πιο άμεσα, οι London et al. (2008) έδωσαν τον ορισμό ότι «*Η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (BIM) είναι μια προσέγγιση που βασίζεται στην πληροφορική για τη διαχείριση δεδομένων σχεδιασμού στον κλάδο AEC/FM*». Η Autodesk (2002) βλέπει τη συνεργατική φύση του BIM από το παράθυρο της τεχνολογίας. Η εταιρία ανάπτυξης σχετικού λογισμικού, γίνεται περαιτέρω τεχνική στον ορισμό του, σημειώνοντας ότι το BIM έχει τρία κύρια βασικά χαρακτηριστικά: α) Δημιουργία και λειτουργία σε ψηφιακές βάσεις δεδομένων για συνεργασία, β) Διαχείριση αλλαγών μέσω των βάσεων δεδομένων για να διασφαλιστεί ότι μια αλλαγή σε οποιοδήποτε μέρος της βάσης δεδομένων συντονίζεται σε όλα τα άλλα μέρη και γ) Σύλληψη και διατήρηση πληροφοριών για επαναχρησιμοποίηση με την προσθήκη εφαρμογών ειδικών για τον κλάδο. Ένας πιο ολοκληρωμένος ορισμός προσφέρεται από τους Eastman et al. (2011) ως «*Μια τεχνολογία μοντελοποίησης και ένα σχετικό σύνολο διαδικασιών για την παραγωγή, επικοινωνία και ανάλυση μοντέλων κτιρίων*».

Σύμφωνα με τους συγγραφείς, τα μοντέλα κτιρίων χαρακτηρίζονται από:

1. Στοιχεία κτιρίου που αναπαρίστανται με έξυπνες ψηφιακές αναπαραστάσεις (αντικείμενα) που «γνωρίζουν» τι είναι και μπορούν να συσχετιστούν με υπολογίσματα γραφικά και χαρακτηριστικά δεδομένων και παραμετρικούς κανόνες.
2. Στοιχεία που περιλαμβάνουν δεδομένα που περιγράφουν τον τρόπο συμπεριφοράς τους, όπως απαιτείται για αναλύσεις και διαδικασίες εργασίας, π.χ., απογείωση, προδιαγραφή και ενεργειακή ανάλυση.
3. Συνεπή και μη πλεονάζοντα δεδομένα, έτσι ώστε οι αλλαγές στα δεδομένα των στοιχείων να αναπαρίστανται σε όλες τις προβολές του στοιχείου.
4. Συντονισμένα δεδομένα, έτσι ώστε όλες οι προβολές ενός μοντέλου να αναπαρίστανται με συντονισμένο τρόπο.»

Η έμφαση από την ερευνητική ομάδα Computer Integrated Construction, C.I.C. (2010), σελ. 1) υπερβαίνει την απλή ψηφιακή αναπαράσταση. Σύμφωνα με αυτούς, «*Το μοντέλο πληροφοριών κτιρίου είναι ένας κοινόχρηστος πόρος γνώσης για πληροφορίες σχετικά με μια εγκατάσταση που αποτελεί μια αξιόπιστη βάση για αποφάσεις κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Ορίζεται ως υφιστάμενο από την πρόιμη σύλληψη έως την κατεδάφιση.*»

Η Επιτροπή Πληροφόρησης Έργων Κατασκευής (CPIC¹) του Ηνωμένου Βασιλείου συμφωνεί με την RIBA στο ότι το μοντέλο BIM αποτελεί κεντρικό σημείο για την ανταλλαγή πληροφοριών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των περιουσιακών στοιχείων και δίνει έμφαση στο χαρακτηριστικό του BIM που επιτρέπει την ανταλλαγή γνώσεων, ως εξής: «*Η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας εγκατάστασης, δημιουργώντας έναν κοινόχρηστο πόρο γνώσης για πληροφορίες σχετικά με αυτήν, σχηματίζοντας μια αξιόπιστη βάση για αποφάσεις κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, από την πρόιμη σύλληψη έως την κατεδάφιση*». (RIBA BIM Overlay Report 2012).

Η αναγνώριση της αυξανόμενης ανάγκης να τοποθετηθεί το «εγώ» στην καρδιά του ορισμού του BIM οδήγησε σε ένα νέο σύνολο ορισμών. Ο Succar (2008) πρότεινε ότι το BIM είναι «*ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων πολιτικών, διαδικασιών και τεχνολογιών που παράγουν μια μεθοδολογία για τη διαχείριση των βασικών δεδομένων σχεδιασμού και έργου κτιρίων σε ψηφιακή μορφή καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου*». Το ενδιαφέρον σημείο σε αυτόν τον ορισμό είναι η ένδειξη μιας παραδειγματικής μετατόπισης στους τρόπους επιχειρηματικής και λειτουργικής διαδικασίας του κατασκευαστικού κλάδου. Επιπλέον, το BIM δεν περιορίζεται σε ένα ορισμένο επίπεδο επίτευξης εμπειρογνωμοσύνης. Η διαδικασία θεωρείται πιο πολύτιμη από τη χρήση ενός ορισμένου επιπέδου τεχνολογίας ή ενός ορισμένου επιπέδου προϊόντος. Ο συγγραφέας, προχώρησε περαιτέρω αξεδιάζοντας λεπτομερώς την τεχνολογία, τη διαδικασία και την πολιτική ως τρία κύρια πεδία του BIM.

Η οπτική του BIM ως προϊόντος, προώθησε ένα νέο κύμα ορισμών. Ο Kymmell (2008) υποστηρίζει ότι το BIM είναι «*Ένα εργαλείο, μια διαδικασία ή/και ένα προϊόν που αναπτύσσει εικονικά ευφυή μοντέλα συνδεδεμένα με άλλα εργαλεία διαχείρισης κατασκευών (π.χ. χρονοδιάγραμμα, εκτιμήσεις) που προωθούν τη συνεργασία, την οπτικοποίηση και τις αξιολογήσεις κατασκευασιμότητας προς όφελος όλων των ενδιαφερόμενων μερών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της εγκατάστασης*».

Ο Jernigan (2007), αφού τονίσει τι δεν είναι το BIM «*Το BIM δεν είναι CAD. Το BIM δεν χρειάζεται να είναι 3D. Το BIM δεν είναι προσανατολισμένο στις εφαρμογές. Το BIM δεν είναι ένα ενιαίο μοντέλο κτιρίου ή μια ενιαία βάση δεδομένων. Το BIM δεν είναι Revit (ή*

¹ Construction Project Information Committee

ArchiCad, ή Bentley), το BIM δεν αντικαθιστά τους ανθρώπους και δεν θα σας αυτοματοποιήσει και δεν θα σας εξαφανίσει. Το BIM δεν είναι τέλειο», υποστηρίζει στη συνέχεια ότι το BIM αφορά απλώς τη διαχείριση πληροφοριών για τη βελτίωση της κατανόησης.

Εξετάζοντας το CAD και το BIM από καθαρά τεχνολογική οπτική γωνία, είναι σημαντικό να μην υπάρξει συσχέτιση του CAD με το 2D και του BIM με τα τρισδιάστατα σχέδια. Η τεχνολογία CAD μπορεί επίσης να προσφέρει τρισδιάστατη αναπαράσταση. Το CAD παρέχει ένα στατικό δισδιάστατο έγγραφο που δεν σχετίζεται με τα άλλα έγγραφα που δημιουργούνται ξεχωριστά. Ενώ στο CAD, τα δομικά στοιχεία αναπαρίστανται με γραμμές και γεωμετρικά σχήματα, στο BIM τα στοιχεία έχουν προδιαγραφές. Για παράδειγμα, ένας ορισμός των προδιαγραφών ενός τοίχου περιλαμβάνει το ύψος, το πλάτος, την αρχή της φέρουσας και μη φέρουσας ικανότητας, το κατά πόσο είναι εσωτερικός ή εξωτερικός, την αντοχή σε φωτιά, τη χρήση υλικών από κατεδάφιση ή νέα υλικά όπως τούβλα και σανίδες. Το BIM προσφέρει παραμετρική ακεραιότητα που σχετίζεται με τη σύνδεση και τη σχέση μεταξύ των στοιχείων, τα οποία διατηρούνται με συνέπεια ακόμη και όταν το μοντέλο χειρίζεται (Succar 2008).

Έχει υποστηριχθεί ότι η έναρξη και η εξέλιξη του BIM συνδέονται με την αρχαία Αίγυπτο, όταν για πρώτη φορά ο αρχιτέκτονας και μηχανικός Imhotep σχεδίασε γραμμές μελανιού σε πάπυρο για να υποδείξει το περίγραμμα μιας κατασκευής. Αυτό στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε για την επικοινωνία του σχεδίου στους εργάτες που το κατασκεύαζαν (Hardin 2009). Με την πάροδο του χρόνου, οι ανεπάρκειες της χειρόγραφης σχεδίασης (όπως η σπατάλη χρόνου και κόστους από τις αλλαγές στο σχέδιο) τόνισαν την ανάγκη για καλύτερο συντονισμό και αναπαράσταση. Μέχρι τότε, οι τεχνολογικές εξελίξεις ήταν πιο ελκυστικές από την ανάγκη εργασίας σε ένα πραγματικά συνεργατικό περιβάλλον. Το σύγχρονο BIM έχει τις ρίζες του στη δεκαετία του 1960, όταν ο Σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) έθεσε τα θεμέλια για μια σημαντική τεχνολογική ανακάλυψη σε αυτόν τον τομέα. Με την εισαγωγή της δισδιάστατης γεωμετρίας και τη μετατροπή της σε τρισδιάστατη τη δεκαετία του 1970, η αυτοματοποιημένη εργασία σχεδίασης εισήλθε σε μια νέα εποχή. Αυτές οι εξελίξεις οφείλονταν κυρίως στην ικανότητα των σχεδιαστών να μετατοπίζουν την εστίαση από το στυλό και το χαρτί στην γραφική αλληλεπίδραση με τον υπολογιστή, αν και με κάπως περιορισμένο τρόπο. Ένα άλλο άλμα διευκολύνθηκε μέσω της εισαγωγής των αντικειμενοστρεφών συστημάτων CAD (OOCAD), τα οποία

διευκόλυναν την ενσωμάτωση της «νοημοσύνης» στη σχέση μεταξύ των δομικών στοιχείων (Howell και Batcheler 2004).

Οι Bew και Richards (2008) αναγνώρισαν ότι ο ορισμός και η εφαρμογή του BIM συνδέονται με ένα καθορισμένο επίπεδο ωριμότητας που κυμαίνεται από το Επίπεδο 0 έως το Επίπεδο 3. Αυτά περιγράφονται στα κάτωθι.

Τα επίπεδα ωριμότητας που απεικονίζονται από τους Bew και Richards ορίζονται ως εξής:

Επίπεδο 0: Μη διαχειριζόμενο CAD πιθανώς 2D, με το χαρτί (ή ηλεκτρονικά) ως τον πιο πιθανό μηχανισμό ανταλλαγής δεδομένων.

Επίπεδο 1: Διαχειριζόμενο CAD σε μορφή 2 D ή 3D χρησιμοποιώντας το BS1192:2007 με ένα εργαλείο συνεργασίας που παρέχει ένα κοινό περιβάλλον δεδομένων, πιθανώς ορισμένες τυπικές δομές δεδομένων και μορφές. Εμπορικά δεδομένα που διαχειρίζονται από αυτόνομα πακέτα χρηματοδότησης και διαχείρισης κόστους χωρίς ενσωμάτωση.

Επίπεδο 2: Διαχειριζόμενο τρισδιάστατο περιβάλλον που διατηρείται στο ξεχωριστό κλάδο των εργαλείων «BIM» με συνημμένα δεδομένα. Εμπορικά δεδομένα που διαχειρίζεται ένας Enterprise Resource Planner (ERP). Η ενσωμάτωση βάσει ιδιόκτητων διεπαφών ή εξατομικευμένου συστήματος θα μπορούσε να θεωρηθεί ως «pBIM» (ιδιόκτητο - proprietary). Η προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιεί δεδομένα προγράμματος 4D και στοιχεία κόστους 5D, καθώς και λειτουργικά συστήματα τροφοδοσίας.

Επίπεδο 3: Πλήρως ανοιχτή ολοκλήρωση διαδικασιών και δεδομένων που καθίσταται δυνατή από υπηρεσίες ιστού συμβατές με τα αναδυόμενα πρότυπα IFC/IFD, διαχειριζόμενες από έναν συνεργατικό διακομιστή μοντέλων. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως iBIM ή ολοκληρωμένο BIM που ενδεχομένως χρησιμοποιεί ταυτόχρονες διαδικασίες μηχανικής.

Το επίπεδο μηδέν αντιπροσωπεύει τη χρήση σχεδίων 2D CAD σε συνδυασμό με γραπτές προδιαγραφές. Η χρήση πληροφοριών σχεδιασμού 3D, από μεμονωμένα μέλη, εισάγεται στο Επίπεδο 1. Αυτό αναφέρεται ως «μοναχικό BIM» (lonely BIM), επειδή τα μέλη χρησιμοποιούν το BIM μεμονωμένα αντί να χρησιμοποιούν μια κοινή πλατφόρμα για συνεργασία και ανταλλαγή πληροφοριών. Το Επίπεδο 2 είναι το σημείο εκκίνησης για τα δημόσια έργα εν γένει. Σε αυτό το επίπεδο, μπορούν να αξιοποιηθούν εργαλεία λογισμικού ελέγχου μοντέλων και να επιτευχθεί κάποιος βαθμός συντονισμού. Η

ενσωμάτωση μπορεί να πραγματοποιηθεί, με βάση ιδιόκτητες διεπαφές ή χρήση εξατομικευμένου ενδιάμεσου λογισμικού. Αυτό το επίπεδο τείνει να αναπαράγει την παραδοσιακή πρακτική της συνένωσης ανεξάρτητων σχεδίων, αλλά χρησιμοποιώντας μοντέλα ειδικά για κάθε κλάδο. Αυτό επιτρέπει την επίλυση προβλημάτων μέσω αναλυτικής παρουσίασης, ανίχνευσης συγκρούσεων και ελέγχου σχεδιασμού. Μόνο στο επίπεδο 3 χρησιμοποιείται ένα ενιαίο μοντέλο έργου ως πλατφόρμα συνεργασίας. Υπάρχουν ορισμένες ανησυχίες ότι η ενσωματωμένη εργασία στο επίπεδο 3 του BIM δημιουργεί σύγχυση ως προς το ποιος είναι υπεύθυνος και ποιος κατέχει το μοντέλο. Αυτό θα έχει αντίκτυπο στις συμβάσεις και τις ασφάλειες. Επίσης, στο επίπεδο 3, υπάρχουν πιθανά ζητήματα που σχετίζονται με την παροχή αντικρουόμενων πληροφοριών από διαφορετικά μοντέλα και την ευθύνη για το σχεδιασμό. Αυτά είναι πιθανό να επηρεάσουν την ασφάλιση επαγγελματικής ευθύνης και τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας (Barnes και Davies 2014). Άλλοι τομείς ανησυχίας περιλαμβάνουν προβλήματα που σχετίζονται με την απώλεια δεδομένων λόγω ανεπαρκειών διαλειτουργικότητας (Barnes και Davies 2014).

Σε κάθε στάδιο του επιπέδου ωριμότητας του BIM, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές διαστάσεις για την υποστήριξη της ανταλλαγής πληροφοριών και της συνεργασίας. Αυτό έχει οριστεί από τους Aouad et al., (2006), ως η πολυδιάστατη ικανότητα του BIM να προσθέτει αμέτρητο αριθμό διαστάσεων «nD». Αυτός ο ορισμός έχει υποστηριχθεί από τους Eastman et al. (2011), οι οποίοι όρισαν την ικανότητα του BIM να προσθέτει απεριόριστο αριθμό διαστάσεων «nD» στο μοντέλο του κτιρίου, όπως φαίνεται στην εικόνα 2. Αυτή η ικανότητα «nD» επιτρέπει την προσθήκη όλων των σχετικών πληροφοριών του κτιρίου στο μοντέλο, γεγονός που επιτρέπει τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης αναπαράστασης του κτιρίου, προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της παράδοσης. Σύμφωνα με τους Lu και Korman, (2010), η τεχνολογία BIM, εάν χρησιμοποιηθεί σωστά, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη διαδικασία κατασκευής αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο τα ενδιαφερόμενα μέρη επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

| 3D | 4D | 5D | 6D | 7D |
|---|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Σχεδιασμός • Παραμετρικά δεδομένα σε ένα συνεργατικό μοντέλο | <ul style="list-style-type: none"> • Χρόνος • Χρήση του BIM στον σχεδιασμό των διεργασιών στο σημείο κατασκευής | <ul style="list-style-type: none"> • Κόστος • Χρήση του BIM για την παρακολούθηση του προϋπολογισμού και ανάλυση κόστους | <ul style="list-style-type: none"> • Βιωσιμότητα • Ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας | <ul style="list-style-type: none"> • Διαχείριση εγκαταστάσεων • Διαχείριση της λειτουργίας και συντήρησης του έργου σε όλο το κύκλο ζωής του |

Εικόνα 1 Διαστάσεις BIM (προσαρμογή από Philip 2013)

Το 3D BIM αναφέρεται στο στάδιο όπου όλες οι πληροφορίες και η τεκμηρίωση του έργου παρέχονται σε ηλεκτρονική μορφή (Bryde et al., 2013). Το 4D BIM δημιουργείται όταν προστίθεται ένα στοιχείο χρόνου (διάσταση) σε ένα μοντέλο 3D BIM.

Το 4D BIM ορίζεται από τον ως μια διαδικασία σχεδιασμού που συνδέει τις κατασκευαστικές δραστηριότητες που αναπαρίστανται σε χρονοδιαγράμματα με τα τρισδιάστατα μοντέλα για την ανάπτυξη μιας γραφικής προσομοίωσης σε πραγματικό χρόνο της προόδου της κατασκευής σε σχέση με το χρόνο. Η προσθήκη της 4ης διάστασης (χρόνος), προσφέρει την ευκαιρία να αξιολογηθεί η κατασκευασσιμότητα και ο σχεδιασμός ροής εργασίας ενός έργου. Οι συμμετέχοντες στο έργο μπορούν να οπτικοποιήσουν, να αναλύσουν και να επικοινωνήσουν αποτελεσματικά προβλήματα σχετικά με διαδοχικές, χωρικές και χρονικές πτυχές της προόδου της κατασκευής. Κατά συνέπεια, μπορούν να δημιουργηθούν πολύ πιο ισχυρά χρονοδιαγράμματα, σχέδια διάταξης εργοταξίου και υλικοτεχνικής υποστήριξης για τη βελτίωση της παραγωγικότητας.

Από την άλλη πλευρά, το 5D BIM επιτρέπει στην ομάδα του έργου να έχει καλύτερη απεικόνιση της προόδου της κατασκευής καθώς και του σχετικού κόστους κάθε

δραστηριότητας, για να υποστηρίξει την ομάδα του έργου στην ακριβή εκτίμηση του συνολικού κόστους του έργου. Επιπλέον, επιτρέπει την εξαγωγή ή την ανάπτυξη σε πραγματικό χρόνο πλήρως παραμετρικών στοιχείων εντός του μοντέλου BIM. Συνεπώς, το 5D BIM προσφέρει προσεγγίσεις για την ανάλυση του κόστους και την αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων. Αυτό έχει οριστεί από τον Mitchell (2012) ως «5D Σχέδιο Κόστους Διαβίωσης». Συζητούνται τεχνολογικές τεχνικές και μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε παραδοσιακές μεθόδους και πλαίσια, ωστόσο ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται η τεχνολογία είναι πιο σημαντικός από το λογισμικό.

Το 6D BIM υποστηρίζει την ανάλυση βιωσιμότητας και κατανάλωσης ενέργειας, η οποία θα οδηγήσει σε καλύτερη εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας νωρίς στη φάση σχεδιασμού. Επιπλέον, υποστηρίζει τη μέτρηση και την ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια της χρήσης του κτιρίου και επίσης υποστηρίζει την αξιολόγηση του κτιρίου στο στάδιο μετά την εγκατάσταση.

Το 7D BIM βοηθά στη λειτουργία και τη συντήρηση του έργου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Βοηθά την ομάδα του έργου να εξάγει και να παρακολουθεί τα δεδομένα των περιουσιακών στοιχείων, όπως τα υλικά, την κατάσταση των εξαρτημάτων και τις προδιαγραφές.

Οι προαναφερθείσες διαστάσεις μπορούν να υιοθετηθούν από την ομάδα του έργου για να τους βοηθήσουν κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων εργασίας του κύκλου ζωής του έργου, βελτιώνοντας τη συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ της ομάδας και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Από την άλλη πλευρά, παρά τα πλαίσια ωριμότητας για την εφαρμογή του BIM και τις μελέτες για την αποσαφήνιση των διαστάσεων του BIM σε κάθε στάδιο του διαγράμματος ωριμότητας, μπορεί να υποστηριχθεί ότι πολλές εταιρείες βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα υιοθέτησης. Σύμφωνα με τον Turpin (2016), πολλές εταιρείες στο Ηνωμένο Βασίλειο εξακολουθούν να χρησιμοποιούν ένα μείγμα τρισδιάστατων μοντέλων και δισδιάστατων σχεδίων (BIM Επίπεδο 1), ενώ μόνο ένας μικρός αριθμός οργανισμών μπόρεσε να δει τα οφέλη του BIM και να το υιοθετήσει. Επομένως, υπάρχει ανάγκη να προσδιοριστούν τα οφέλη που προσφέρει το BIM, προκειμένου να ενθαρρυνθούν οι εταιρείες να το υιοθετήσουν.

2.2 Εφαρμογή του BIM στη διαχείριση τεχνικών έργων

Η αυξανόμενη συνειδητοποίηση των πιθανών οφελών που μπορεί να προσφέρει το BIM έχει οδηγήσει σε αύξηση της εφαρμογής του σε πολλαπλούς τομείς. Αν και η συχνότητα εφαρμογής του BIM για ενεργειακή και δομική ανάλυση εκτιμάται σε 25% και 27% αντίστοιχα, η κύρια χρήση του φαίνεται να είναι για τον τρισδιάστατο συντονισμό και την ταχύτερη κατασκευή τρισδιάστατων γεωμετρικών μοντέλων, με ποσοστό εφαρμογής 60% (Kreider et al., 2010).

Η εφαρμογή του BIM στη διαχείριση κατασκευών καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού της ροής εργασίας και των καθυστερήσεων, της λήψης αποφάσεων σε εξωτερικές κατασκευές, της διαχείρισης σύνθετων κατασκευών και κατασκευαστικών δραστηριοτήτων που εκθέτουν σημαντικά τους εργαζόμενους σε κινδύνους και της προώθησης της υγείας και της ασφάλειας σε κατασκευαστικά περιβάλλοντα (Chong & Zhang, 2021). Η εμπλοκή του BIM με τη ρομποτική στο στάδιο του σχεδιασμού έχει αποδειχθεί ότι ενσωματώνει όλες τις δραστηριότητες, με μια αποτελεσματική ισορροπία βασικών στοιχείων που οδηγεί σε έγκαιρη ολοκλήρωση εντός προϋπολογισμού και ποιότητας, ενώ παράλληλα αποτρέπει κινδύνους και ατυχήματα πριν από την εκτέλεση (Chong & Zhang, 2021).

Σε θέματα ποσότητας και κόστους, το BIM έχει ξεκινήσει την πρόβλεψη και την εκτίμηση του κόστους εργασίας, διασφαλίζοντας τη διαφάνεια στην εκτίμηση του κόστους ενισχύοντας την άμεση συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών και τους υπολογισμούς των απαιτήσεων βοηθητικών υλικών για τη μείωση των αποβλήτων και του κόστους. Μια εφαρμογή 5D στη διαχείριση κόστους έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την ανάλυση της ανάλυσης του κόστους και επιταχύνει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Østergård et al., 2016) για να εξασφαλίσει καλύτερες ταμειακές ροές και, ως εκ τούτου, να ελαχιστοποιήσει τους κινδύνους, να ενισχύσει τη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών και να μειώσει τις διακυμάνσεις του κόστους (Østergård et al., 2016).

Το BIM διευκολύνει τον σχεδιασμό κτιρίων φιλικών προς το περιβάλλον, επιτρέποντας την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και τη διαχείριση πληροφοριών καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των κτιρίων, καθώς και τις μικρές, φιλικές προς το περιβάλλον κατασκευές. Επιτρέπει πολυάριθμες αναλύσεις και αξιολογήσεις βιωσιμότητας, συμπεριλαμβανομένης

της ακουστικής ανάλυσης, της αξιολόγησης των εκπομπών άνθρακα, της διαχείρισης αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, της ανάλυσης φωτισμού και της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη λειτουργία.

Εκτός από την ανάλυση άνθρακα, το σύγχρονο BIM προσφέρει εναλλακτικά σχέδια για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα, όπως το μοντέλο βελτιστοποίησης πολλαπλών στόχων που βασίζεται στο BIM, το οποίο βοηθά τους σχεδιαστές να αποφασίσουν για το πιο αποτελεσματικό σχέδιο σχεδιασμού που εξισορροπεί τις εκπομπές άνθρακα με το κόστος για τους πελάτες τους. Συνιστάται τα μέτρα βιωσιμότητας να μπορούν να επικαλυφθούν σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο για να βοηθήσουν στην αξιολόγηση σημείων στις μελέτες Συστημάτων Αξιολόγησης Πράσινων Κτιρίων (Maltese et al., 2017).

Η παγκόσμια εστίαση στη βιώσιμη ανάπτυξη έχει τονίσει περαιτέρω τον ρόλο του BIM στη βελτίωση του συντονισμού και της αποτελεσματικότητας του σχεδιασμού στις κατασκευές. Για παράδειγμα, οι Ghaffarian et al., (2024) επικεντρώθηκαν στην ενεργειακή απόδοση μετά την κατασκευή, όπου εισήχθη η έννοια του συστήματος διαχείρισης κτιρίων βασισμένου στη γνώση. Αυτή η ιδέα προσέφερε λύσεις στους υπάρχοντες περιορισμούς που σχετίζονται με τη φάση μετά την κατασκευή ή τη φάση λειτουργίας. Οι Wang και Chen, (2023) ενσωμάτωσαν το BIM και τη διαχείριση έργων κατασκευής και τόνισαν ότι υπάρχουν περαιτέρω ερευνητικές ευκαιρίες σε αυτόν τον τομέα. Επιπλέον, οι Lau et al., (2018) τόνισαν τη μοντελοποίηση με δυνατότητα BIM κατά το στάδιο πριν από την κατασκευή και μπορεί να γίνει περαιτέρω αναφορά.

Το BIM έχει εφαρμοστεί στην ανάπτυξη αυτοματοποιημένων διατάξεων σε σύνθετα εργοτάξια μέσω βελτιστοποίησης όπου οι διαστάσεις της εσωτερικής αποθήκευσης και των εγκαταστάσεων καταγράφονται εύκολα. Στο στάδιο του κλεισίματος και της κατεδάφισης, που περιλαμβάνει την αξιολόγηση του κύκλου ζωής ενός έργου, το BIM έχει χρησιμοποιηθεί για την ενσωμάτωση της αξιολόγησης του κύκλου ζωής με την πολυκριτηριακή ανάλυση για την καινοτομία του ολοκληρωμένου πλαισίου παρακολούθησης των υποδομών μετά την ολοκλήρωση (Figueiredo et al., 2021), διασφαλίζοντας την τεκμηρίωση ως έχει που παίζει σημαντικό ρόλο τόσο στη συντήρηση όσο και στην κατεδάφιση (Park & Cai, 2017). Το BIM έχει μεταμορφώσει τη διαχείριση κατασκευών επιτρέποντας προσομοιώσεις 4D και 5D, οι οποίες στη συνέχεια μείωσαν τις καθυστερήσεις μέσω της χρήσης της αφαίρεσης συγκρούσεων και του συντονισμού των ενδιαφερόμενων μερών.

Ενσωμάτωση BIM σε αρθρωτά σχέδια που αξιολογούν την ικανότητα σύγκρουσης και κατασκευής και ευαίσθητα σχέδια, όπως οι γέφυρες που χρησιμοποιούν το μοντέλο κατασκευών Tekla, το οποίο απαιτεί υψηλότερους βαθμούς ακρίβειας (Girardet & Botton, 2021) και ακριβείς υπολογισμούς στην σεισμική αξιολόγηση σχεδίων πλαισίων από σκυρόδεμα. Τα ευρήματα της δομικής ανάλυσης και του συνολικού σχεδιασμού συντονίζονται καλύτερα όταν χρησιμοποιείται ένα ενιαίο μοντέλο πληροφοριών κτιρίου τόσο κατά τη διάρκεια των σταδίων ανάλυσης όσο και τεκμηρίωσης, και η συνέπεια σε όλο το έργο αυξάνεται. Η υιοθέτηση του BIM έχει βελτιώσει την ακρίβεια στη μοντελοποίηση σχεδιασμού μέσω της ενσωμάτωσης με εργαλεία δομικής ανάλυσης. Το επίπεδο ωριμότητας είναι προηγμένο για μεγάλα εμπορικά έργα, ενώ για οικιστικά έργα, εξακολουθεί να αναπτύσσεται λόγω του υψηλού κόστους και του ανειδίκευτου εργατικού δυναμικού.

Στον τομέα των υποδομών μεταφορών, όπως το σύστημα γεφυρών, το Σύστημα Διαχείρισης Γεφυρών (BMS) μπορεί να υιοθετηθεί και αποδεικνύεται χρήσιμο στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής του συστήματος. Το BMS έχει επίσης καταφέρει να μειώσει το κόστος και να αυξήσει την αποδοτικότητα σε όλη την Ευρώπη (Gabbar et al., 2021). Το BIM βρίσκει εφαρμογές σε οδικές υποδομές, όπως δρόμους, σήραγγες και αυτοκινητόδρομους (Shaaban & Nadeem, 2015). Η ενσωμάτωση γεωγραφικών πληροφοριών στο σχεδιασμό και την κατασκευή γραμμικών δομών, όπως οι δρόμοι, επιτρέπει προσαρμογές στις διατάξεις των δρόμων με βάση υβριδικές συνθήκες, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως οι κοινωνικές επιπτώσεις και η εγγύτητα των υλικών (Shaaban & Nadeem, 2015).

Στον αρχιτεκτονικό τομέα, το BIM βελτιώνει τη μεθοδολογία και επηρεάζει τη ροή πληροφοριών μεταξύ των μελών σχεδιασμού (Αρχιτέκτονες) και των δομικών μηχανικών. Σε μια άλλη μελέτη (Gartoumi & Aboussaleh, 2023), το BIM απέδειξε ότι μειώνει τα σφάλματα κατά τον σχεδιασμό ενισχύοντας την ενοποίηση των πληροφοριών. Το επίπεδο ωριμότητας στην αρχιτεκτονική μηχανική μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο, καθώς οι αρχιτέκτονες παγκοσμίως χρησιμοποιούν το BIM για οπτικοποίηση του σχεδιασμού.

Οι Peterson et al., (2011) ενσωμάτωσαν το BIM με τις διαδικασίες διαχείρισης έργων και τόνισαν ότι βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα της εκπαίδευσης που παρέχεται από τα προγράμματα διαχείρισης έργων. Ωστόσο, προτείνεται επίσης να εξεταστούν οι εγγενείς

αδυναμίες, όπως η εφαρμογή των γενικών εννοιών για όλα τα μαθήματα διαχείρισης έργων. Ομοίως, οι Tran et al., (2024) εξέτασαν τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες της υιοθέτησης του BIM στη διαχείριση κατασκευαστικών έργων και τόνισαν την επιρροή του BIM στις παραδοσιακές πρακτικές διαχείρισης κατασκευαστικών έργων. Ο Shaour, (2022) διερεύνησε τον ρόλο του BIM στην ενίσχυση των ζητημάτων διαχείρισης έργων στον κατασκευαστικό κλάδο της Αιγύπτου. Ομοίως, οι Ma et al., (2018) συζήτησαν ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση του BIM στη διαχείριση του κύκλου ζωής των έργων. Μερικά από τα κύρια ευρήματα περιλαμβάνουν τη διαχείριση πληροφοριών, τη διευκόλυνση της επικοινωνίας και την ενίσχυση της διεπιστημονικής συνεργασίας. Οι Karamoozian και Zhang, (2025) συνέκριναν διεθνή πρότυπα πράσινων κτιρίων όπως τα LEED, BREEAM και green star και τόνισαν ότι η πιστοποίηση των πράσινων κτιρίων κατά την περίοδο λειτουργίας έχει παραμεληθεί. Ενώ, οι Karamoozian και Zhang, (2025), στόχευσαν στον επαναπροσδιορισμό του αρχιτεκτονικού τοπίου συγχωνεύοντας το BIM και το UHPC στον σχεδιασμό προκατασκευασμένων κτιρίων κελύφους. Ομοίως, οι Karamoozian και Zhang, (2025), χρησιμοποίησαν ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων για να επιλέξουν το βέλτιστο σύστημα κατασκευής βιομηχανικών κατοικιών στην Τεχεράνη. Οι Zhao και Wang, (2014) παρουσίασαν μια σύγκριση της χρήσης παραδοσιακού λογισμικού εκτίμησης κόστους και του BIM για τον έλεγχο του κόστους κατασκευής. Τονίστηκε ότι το παραδοσιακό λογισμικό εκτίμησης κόστους είναι πιο δημοφιλές λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως η προώθηση του προμηθευτή, οι ισχύοντες κανονισμοί του κλάδου και η αποτελεσματικότητά του. Ωστόσο, εάν ο έλεγχος κόστους που βασίζεται στο BIM εφαρμοστεί σωστά, σίγουρα θα υπερισχύσει αυτών των παραδοσιακών λογισμικών. Οι Li et al., (2021) ενσωμάτωσαν το BIM και τη μηχανική αξίας για τον έλεγχο του κόστους κατασκευής και παρουσίασαν εμπειρικά στοιχεία σχετικά με τα πλεονεκτήματα αυτής της ολοκληρωμένης προσέγγισης. Οι Khaleel και Naimi, (2022) διερεύνησαν τον ρόλο του BIM στην εκτίμηση του κόστους του έργου με μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι Sepasgozar et al., (2022) εξέτασαν 176 άρθρα για την ανάπτυξη ενός συνόλου δεδομένων διαχείρισης κόστους και εξέτασαν τα ψηφιακά εργαλεία για την υπερσύγχρονη διαχείριση του κόστους κατασκευής. Οι Celozza et al., (2023) συζήτησαν τον ρόλο των πρακτικών συμβάσεων BIM στην εφαρμογή BIM από ενδιαφερόμενους φορείς σε αρχιτεκτονικά, μηχανικά και κατασκευαστικά έργα. Υπογραμμίζουν επίσης τη σημασία της μετάβασης προς την υλοποίηση έργων που βασίζονται στο BIM. Οι Zhang et al., (2023) τόνισαν ότι το BIM έχει φέρει αποτελεσματικότητα στην υλοποίηση έργων, ωστόσο, έφερε μαζί της

και πολυπλοκότητες. Ως εκ τούτου, η παρούσα μελέτη στόχευε στην ενσωμάτωση της θεωρίας της διαχείρισης ενδιαφερόμενων φορέων σε έργα που βασίζονται στο BIM. Οι Jacobsson και Merschbrock, (2018) διερευνούν τους ρόλους και τις ευθύνες των συντονιστών BIM. Τα ευρήματα υποδεικνύουν τις βασικές ευθύνες αυτών των συντονιστών, όπως η ανίχνευση συγκρούσεων, η διαχείριση πληροφοριών και η διευκόλυνση της επικοινωνίας. Οι Mehrbod et al., (2019) τόνισαν τις αιτίες των ζητημάτων συντονισμού και έτσι ανέπτυξαν μια ταξινόμηση ζητημάτων συντονισμού σχεδιασμού.

2.3 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί της χρήσης BIM

Είναι σαφές ότι η χρήση του BIM σε κατασκευαστικά έργα έχει προσφέρει πολλά διαφορετικά χαρακτηριστικά και σημαντικά οφέλη. Οι Zurra et al. (2009) ανέφεραν ότι, σύμφωνα με την οπτική γωνία των αρχιτεκτόνων, ο συντονισμός, η λειτουργία και η παραγωγικότητα έχουν βελτιωθεί στα κατασκευαστικά έργα. Ομοίως, από την οπτική γωνία του εργολάβου, το BIM έχει βοηθήσει στην ενίσχυση του προγραμματισμού και της εκτίμησης. Όπως αναφέρουν οι Roger et al. (2012), το BIM μπορεί να αποτελέσει μια αξιολογική μέθοδο για τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας που υπάρχει στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Γενικά, η επικοινωνία, η ολοκλήρωση και η συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών και των τμημάτων είναι οι κύριοι παράγοντες που ωθούν τις εταιρείες να υιοθετήσουν το BIM, προκειμένου να μειώσουν τη διαλειτουργικότητα ενισχύοντας την ανταλλαγή πληροφοριών. Σύμφωνα με μια μελέτη που διεξήχθη από τους Mostafa et al. (2018), η μείωση του χρόνου ανταλλαγής πληροφοριών ήταν ένας από τους κύριους λόγους πίσω από την υιοθέτηση του BIM στις εταιρείες. Άλλα οφέλη για την επιχειρηματική διαδικασία από την υιοθέτηση του BIM είναι: η μείωση του κόστους, η ενίσχυση της ανταλλαγής πληροφοριών και η απεριόριστη πρόσβαση, καθοδηγώντας την ενσωμάτωση πολλών μερών στον κατασκευαστικό κλάδο (Roger et al. 2012). Ως εκ τούτου, οι London και Gu (2010) επεσήμαναν ότι μια ολοκληρωμένη ανάπτυξη μοντέλων μπορεί να βελτιώσει τη συνεργασία και να ελαχιστοποιήσει τους απρόβλεπτους κινδύνους σε μικρά και μεγάλα έργα.

Επιπλέον, το BIM προσφέρει ένα μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για: καλύτερη οπτικοποίηση του έργου, χρήση κατασκευής εκτός του χώρου, διαχείριση εγκαταστάσεων, εκτίμηση κόστους, προγραμματισμό, ανίχνευση συγκρούσεων και ταχεία παράδοση του έργου (Stowe et al. 2014). Σύμφωνα με το Συνεργατικό Κέντρο Έρευνας για την Καινοτομία στις Κατασκευές (CRC 2007), τα κύρια οφέλη της υιοθέτησης του BIM είναι η εύκολη ανταλλαγή πληροφοριών, η ενίσχυση της συνεργασίας και ο καλύτερος σχεδιασμός με τη χρήση προσομοίωσης. Μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα, η Έκθεση SmartMarket (2012) έχει αναγνωρίσει τα σημαντικότερα οφέλη του BIM Επιπέδου 2. Βραχυπρόθεσμα, το BIM Επιπέδου 2 μπορεί να βοηθήσει τα ενδιαφερόμενα μέρη να ελαχιστοποιήσουν τα σφάλματα και την ανάγκη για ανακατασκευή καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Τα αποτελέσματα από τη χρήση των χαρακτηριστικών του BIM Επιπέδου 2 αποδίδουν ευνοϊκά σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής που βασίζονται σε δισδιάστατα σχέδια. Αυτό συμβαίνει επειδή το BIM Επίπεδο 2 παρέχει πιο προηγμένα μοντέλα 4D, 5D και 6D, τα οποία παρουσιάζουν όλα τα στοιχεία και τις πληροφορίες που σχετίζονται με ένα έργο.

Οι απρόβλεπτοι κίνδυνοι και οι συγκρούσεις μπορούν να παρατηρηθούν και να εντοπιστούν πριν από τη φάση εκτέλεσης (Stowe et al. 2014). Από την έρευνα 32 σύνθετων έργων που διεξήγαγε το Κέντρο Μηχανικής Εγκαταστάσεων στο Πανεπιστήμιο Stanford, οι Azhar et al. (2012) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα οφέλη της ενσωμάτωσης του BIM στα έργα είναι: μείωση άνω του 40% των μη προϋπολογισμένων αλλαγών, μείωση 80% του χρόνου για τη δημιουργία εκτίμησης κόστους, εξοικονόμηση 10% της συμβατικής αξίας μέσω ανίχνευσης συγκρούσεων, μείωση του χρόνου του έργου κατά 7%, εξοικονόμηση κόστους έργου, βελτίωση της ακρίβειας και της ποιότητας, αυτοματοποίηση εγγράφων, ελαχιστοποίηση κινδύνων και ταχύτερη λήψη αποφάσεων.

Παρά τα οφέλη που μπορούν να αποκομίσουν οι εταιρείες από την υιοθέτηση του BIM, υπάρχουν πολλά σημαντικά εμπόδια και ζητήματα που σχετίζονται με τη μετάβαση από τις παραδοσιακές μεθόδους παράδοσης έργων στο BIM. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να εντοπιστούν τα εμπόδια στην υιοθέτηση του BIM, ιδίως του Επιπέδου 2 του BIM, καθώς είναι το πρώτο υποχρεωτικό επίπεδο που απαιτείται από την κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου να υιοθετηθεί από τις εταιρείες σε όλα τα δημόσια έργα.

Παρά τις ευκαιρίες που προσφέρει το BIM στη βελτίωση της μεθόδου υλοποίησης έργων, υπάρχουν πολλά εμπόδια που μπορούν να εμποδίσουν τη διάδοση αυτής της τεχνολογίας.

Οι Underwood και Isikdag (2011) υποστήριξαν ότι για την εφαρμογή του BIM, οι εταιρείες και οι οργανισμοί θα πρέπει να είναι ρεαλιστές σχετικά με τις πραγματικές τους ικανότητες.

Τα εμπόδια στην εφαρμογή του BIM Επιπέδου 2 στις εταιρείες μπορούν να αναγνωριστούν ως: έλλειψη ετοιμότητας για χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), προβλήματα που σχετίζονται με τη διοίκηση και την κουλτούρα εντός των οργανισμών, εμπόδια μάρκετινγκ, νομικά ζητήματα και συμβατικά ζητήματα.

Σύμφωνα με τους Alreshidi et al, (2017), ένα άλλο από τα εμπόδια στην εφαρμογή του BIM Επιπέδου 2 είναι το αρχικό κόστος. Μια σημαντική επένδυση είναι απαραίτητη για τον μετασχηματισμό του λογισμικού και του υλικού και την εκπαίδευση του προσωπικού για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική εφαρμογή του BIM. Μπορεί να υποστηριχθεί αρχικά ότι το κόστος αναβάθμισης του λογισμικού και της εκπαίδευσης φαίνεται υπερβολικά δυσκίνητο σε σύγκριση με το συνολικό κόστος ενός κατασκευαστικού έργου, ωστόσο, σε αυτήν την περίπτωση, το αρχικό κόστος έχει βρεθεί ως ένα από τα τέσσερα κορυφαία εμπόδια στην υιοθέτηση του BIM Επιπέδου 2 (NBS 2015).

Από την άλλη πλευρά, τα οφέλη από την υιοθέτηση του BIM Επιπέδου 2 δεν αξιολογούνται εύκολα. Γενικά, τα οφέλη μπορεί να είναι απτά και άυλα και συνήθως εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κατασκευαστικού έργου. Οι Joo και Jung (2011) υποδεικνύουν ότι η εφαρμογή ενός νέου συστήματος απαιτεί αλλαγές εντός του οργανισμού, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε συγκρούσεις μεταξύ των μερών και απαιτούν χρήστες BIM με υψηλή εξειδίκευση. Ένα από τα κύρια εμπόδια στην εφαρμογή του BIM Επιπέδου 2 έχει εντοπιστεί ως η εκπαίδευση των εργαζομένων ώστε να προσαρμοστούν στους νέους τρόπους εργασίας που απαιτούνται. Η εκπαίδευση δεν πρέπει να περιορίζεται στο νέο λογισμικό, αλλά να περιλαμβάνει εκπαίδευση σε ολόκληρη τη νέα διαδικασία, καθώς βοηθά στη μείωση της αντίστασης των εργαζομένων στην αλλαγή κατά την υιοθέτηση του BIM (Alreshidi 2017).

Πέρα από αυτό, υπάρχουν νομικά ζητήματα κατά την εφαρμογή του BIM, τα οποία επικεντρώνονται κυρίως στην ιδιοκτησία των δεδομένων BIM. Προβλήματα σχετικά με την ιδιοκτησία του μοντέλου εμφανίζονται μόνο όταν διαφορετικά μέρη συνεργάζονται για τη δημιουργία και την παράδοση μοντέλων σε ένα συνεργατικό περιβάλλον. Άλλες μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι η διαλειτουργικότητα μεταξύ λογισμικού μπορεί να

καθυστερήσει την εφαρμογή και την επιτυχία του BIM Επιπέδου 2, καθώς μπορεί να εμποδίσει τη ροή πληροφοριών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

Πέρα από τα προαναφερθέντα εμπόδια, υπάρχουν ενδείξεις προφανούς έλλειψης γνώσης και ευαισθητοποίησης σχετικά με το BIM στον τομέα. Οι επαγγελματίες του κλάδου εξακολουθούν να πιστεύουν ότι το BIM είναι ένα είδος λογισμικού ή απλώς συνώνυμο του 3D CAD (NBS 2015). Επιπλέον, ο Turpin (2016) αναφέρει ότι υπάρχει έλλειψη κατανόησης των επιπέδων ωριμότητας του BIM και των απαιτήσεων κάθε επιπέδου, ιδιαίτερα για το BIM Επίπεδο 2.

Μια μελέτη που διεξήχθη από τον Ahmed (2018), κατέταξε όλα τα κρίσιμα εμπόδια που καθυστερούν την εφαρμογή του BIM Επιπέδου 2. Δήλωσε ότι η έλλειψη γνώσης και ευαισθητοποίησης ήταν υπεύθυνη για ορισμένες από τις αποτυχίες κατά την εφαρμογή του BIM στον κατασκευαστικό κλάδο και οδήγησε στην απροθυμία των εμπλεκόμενων μερών να υιοθετήσουν το BIM.

Επίσης, η έλλειψη ευαισθητοποίησης και γνώσης του BIM Επιπέδου 2 προκαλεί έλλειψη εμπειρογνομosύνης στον κλάδο, ιδίως σε μικρές επιχειρήσεις. Σύμφωνα με την NBS (2015), η έλλειψη εμπειρογνομόνων αποτελεί κρίσιμο εμπόδιο κατά την εφαρμογή και υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας, καθώς οι οργανισμοί δεν διαθέτουν την απαιτούμενη εμπειρία και δεξιότητες στις ΤΠΕ που απαιτούνται από την εισαγωγή του BIM. Αυτό το εμπόδιο έχει επίσης αναγνωριστεί στη μελέτη που διεξήγαγε ο Ahmed (2018).

3 Μεθοδολογία και Μελέτη Περίπτωσης

Με την ολοκλήρωση της παρουσίασης του θεωρητικού πλαισίου στα προηγούμενα, στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που θα ακολουθηθεί στα πλαίσια της εργασίας καθώς και η μελέτη περίπτωσης που εξετάζεται.

3.1 Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης πολυκατοικίας

Η μελέτη περίπτωσης που εξετάζεται στην παρούσα ΜΔΕ αφορά σε μια τυπική αστική πολυκατοικία μεσαίας κλίμακας, η οποία προσεγγίζεται ως αντιπροσωπευτικό δείγμα της ελληνικής αστικής δόμησης. Το κτίριο περιλαμβάνει πιλοτή, τέσσερις ορόφους και απόληξη του κλιμακοστασίου στην οροφή (δώμα). Η επιλογή της συγκεκριμένης διαμόρφωσης του κτιρίου επιτρέπει τη μελέτη συνηθισμένων κατασκευαστικών σεναρίων εντός του αστικού ιστού, καθιστώντας ταυτόχρονα εφικτή την αξιολόγηση των ωφελειών της παραμετρικής μοντελοποίησης του κτιρίου.

Ο όγκος του κτιρίου διαμορφώνεται με επανάληψη των ορόφων, ενώ η όψη χαρακτηρίζεται από την κατακόρυφη επανάληψη ανοιγμάτων και την πλευρική ανάπτυξη μπαλκονιών που δημιουργούν πλαστικότητα και διαφοροποιούν τον όγκο, δίνοντας έναν ρυθμό τόσο στη μαζική σύλληψη όσο και στην εμπειρία του περάσματος στη γειτονιά.

Η βάση του κτιρίου, το ισόγειο σε μορφή πιλοτής, ανοίγει τον όγκο προς και προδιαγράφει μια ημιδομημένη περιοχή, η οποία έχει ρόλο ως προστατευμένο σύνορο μεταξύ εσωτερικού και δρόμου. Όπως σε άλλα αντίστοιχα κτίρια (εικ. 4), στο επίπεδο αυτό με αντίστοιχη διαμόρφωση συχνά οργανώνονται θέσεις στάθμευσης, αποθηκευτικοί χώροι ή μικρές κοινόχρηστες ζώνες.



Εικόνα 2 Τυπικές διαμορφώσεις πιλοτής

Η επιλογή της πιλοτής δεν είναι μόνο πρακτική αλλά και λειτουργική καθώς δημιουργεί μια ανοιχτή ζώνη στο ισόγειο, επιτρέποντας την παρουσία πρασίνου ή χώρων στάθμευσης χωρίς τη διατάραξη της πρόσοψης και προσδίδει στο κτίριο μια αίσθηση ανάτασης, όπου ο κύριος όγκος αιωρείται πάνω από το επίπεδο του δρόμου.

Η κύρια κατακόρυφη οργάνωση βασίζεται σε έναν κεντρικό πυρήνα κυκλοφορίας που περιλαμβάνει κλιμακοστάσιο και ασανσέρ, στοιχεία καθοριστικά για τη λειτουργικότητα του κτιρίου. Ο κεντρικός πυρήνας οργανώνει την εσωτερική ροή και χωροθετεί πέριξ αυτού τα διαμερίσματα, επιτρέποντας την αποτελεσματική κατανομή εσωτερικών χώρων και την ομοιογενή πρόσβαση σε κάθε όροφο. Τα διαμερίσματα είναι τυποποιημένα, με

την κάτοψη να επαναλαμβάνεται στους τέσσερις ορόφους, κάτι που διευκολύνει τόσο την κατασκευή όσο και την τεχνική και λειτουργική συντήρηση. Η διαμόρφωση αυτή συχνά περιλαμβάνει συνδυασμούς διαμερισμάτων ενός ή δύο υπνοδωματίων, με σαφή διάκριση των χώρων ώστε το: σαλόνι και η κουζίνα να είναι τοποθετημένα συνήθως προς την όψη με μπαλκόνια, τα υπνοδωμάτια αντίστοιχα προς την ήσυχη πλευρά του κτιρίου και οι χώροι υγιεινής τοποθετημένοι κοντά στον πυρήνα.

Τα μπαλκόνια είναι δομικά και μορφολογικά σημαντικά. Αναπτύσσονται στις κύριες όψεις, δημιουργούν σκίαση, διευρύνουν τον εσωτερικό χώρο και συνδέουν τα διαμερίσματα με τον περιβάλλοντα χώρο. Στη συγκεκριμένη διαμόρφωση, είναι επαναλαμβανόμενα ανά όροφο, με ενιαία ζώνη περιμετρικού κράσπεδου που προσδίδει ομοιογένεια στην όψη. Επιφανειακά, εμφανίζονται ως συνεχόμενες πλατφόρμες με μεταλλικά περβάζια (εικ. 5).



Εικόνα 3 Χαρακτηριστική διαμόρφωση μπαλκονιών

Τα κουφώματα τοποθετούνται σε ευθυγράμμιση με τον δομικό κάρναβο, ενώ τα μπαλκόνια καθορίζουν την περιφέρεια, δημιουργώντας περιοχές με σκίαση και ιδιωτικότητα. Τα υλικά που θα αξιοποιηθούν θα περιλαμβάνουν λευκά ή σε απαλά γήινα χρώματα επιχρίσματα σε συνδυασμό με μεταλλικές επενδύσεις στα κουφώματα και τα προστατευτικά κιγκλιδώματα. Στην διαμόρφωση της κύριας όψης οι κατακόρυφες γραμμές υπογραμμίζουν την ομοιογένεια μεταξύ των ορόφων, ενώ οι οριζόντιες επίπεδες επιφάνειες των μπαλκονιών προσθέτουν βάρος και συνέχεια.

Το δώμα έχει τόσο λειτουργική όσο και αισθητική σημασία, καθώς φιλοξενεί την απόληξη του κλιμακοστασίου, μέρος του Η/Μ εξοπλισμού του κτιρίου (ανελκυστήρας), ενώ περιλαμβάνει και την κοινόχρηστη ταράτσα. Η τυπική μορφή της ταράτσας είναι επίπεδη, με εντός περιβάλλοντος στηθαία που οριοθετούν τον χώρο και προσφέρουν ασφάλεια και ιδιωτικότητα. Στο σχεδιασμό του δώματος προβλέπεται σημειακή πρόσβαση για ηλιακούς συλλέκτες ή μικρές μονάδες εξαερισμού (εικ. 6).



Εικόνα 4 Τυπική διαμόρφωση δώματος σε πολυκατοικίες στην Ελλάδα (Πηγή: <https://www.polikatikia.gr/diaxirisi/ti-einai-to-doma-se-mia-polukatoikia/>)

Σε επίπεδο δομής, ο φέρων οργανισμός βασίζεται σε συστοιχία υποστρωμάτων και δοκών που ακολουθούν τον προκαθορισμένο κάρναβο, με πλάκες ορόφων που καλύπτουν τις κατοικήσιμες επιφάνειες. Η κανονικότητα του φέροντος συστήματος διευκολύνει την

κατανομή φορτίων και επιτρέπει απλό και οικονομικό σχεδιασμό, ενώ η επαναληψιμότητα των ορόφων συμβάλλει στη σταθερότητα του συνολικού όγκου. Οι τοιχοποιίες διαχωρισμού μεταξύ διαμερισμάτων και οι μη φέροντες τοίχοι οργανώνουν τις εσωτερικές ροές χωρίς να επηρεάζουν τον φέροντα σκελετό, γεγονός που επιτρέπει μελλοντικές επεμβάσεις ή αναπροσαρμογές στην κάτοψη.

Η χωροθέτηση των κουζινών, των χώρων υγιεινής και των μηχανολογικών στοιχείων κοντά στον κεντρικό πυρήνα εξυπηρετεί οικονομία εγκαταστάσεων και συντήρησης. Τα παράθυρα έχουν σχεδιαστεί ώστε να επιτρέπουν επαρκή φυσικό φωτισμό στους χώρους. Ο αερισμός των εσωτερικών χώρων υποστηρίζεται τόσο από τα ανοίγματα όσο και από ενδεχόμενες μηχανικές εγκαταστάσεις, αν και η τυπική διάταξη προωθεί και τον φυσικό αερισμό μέσω διαμπερών ανοιγμάτων.

Αισθητικά, η πολυκατοικία κινείται σε μοντέρνες αλλά διαχρονικές επιλογές, με καθαρές γραμμές και έμφαση στη σχέση εσωτερικού-εξωτερικού χώρου. Λειτουργικά, η διαχείριση των κοινόχρηστων χώρων προβλέπει έναν διακριτό διάδρομο εισόδου και κουφώματα υψηλής ενεργειακής απόδοσης.

3.2 Συμβατικές μέθοδοι σχεδιασμού και οργάνωσης έργου

Η παραδοσιακή προσέγγιση στον σχεδιασμό και στην οργάνωση των κατασκευαστικών έργων βασίζεται σε μια σειριακή και σαφώς δομημένη αλυσίδα φάσεων, οι οποίες από τη σύλληψη της ιδέας φθάνουν έως την παράδοση του τελικού έργου. Στο πλαίσιο αυτό, η διαδικασία ξεκινά συνήθως με τη φάση της προμελέτης και του προγραμματισμού, όπου προσδιορίζονται οι ανάγκες του ιδιοκτήτη, τα βασικά λειτουργικά κριτήρια, το προϋπολογιζόμενο κόστος και οι χρονικοί περιορισμοί. Ακολουθεί η φάση της μελέτης η οποία χωρίζεται σε προκαταρκτικό, κατασκευαστικό και λεπτομερή σχεδιασμό, με σκοπό την παραγωγή ενός σετ εγγράφων (σχέδια, τεχνικές προδιαγραφές, πίνακες ποσοτήτων) ικανών να καθοδηγήσουν τη διαδικασία ανάθεσης και κατασκευής (PMI, 2021). Η συμβατική λογική υπαγορεύει σαφείς ρόλους, όπως το γεγονός ότι ο ιδιοκτήτης προσλαμβάνει μελετητές (αρχιτέκτονες και μηχανικούς) για την εκπόνηση της μελέτης και, κατόπιν, το έργο προκηρύσσεται σε εργολάβους που αναλαμβάνουν την κατασκευή βάσει των εκδοθέντων τελικών εγγράφων (Kerzner, 2017).

Η κλασική μέθοδος προμήθειας και παράδοσης έργου, γνωστή διεθνώς ως Design-Bid-Build (DBB) ή συμβατικά «σχεδίαση, δημοπράτηση, κατασκευή», παραμένει ευρέως διαδεδομένη. Στην διαμόρφωση αυτή η σχεδίαση ολοκληρώνεται πριν από την ανάθεση της κατασκευής, επιδιώκοντας ακρίβεια στον καθορισμό της τιμής και του αντικειμένου του έργου. Ωστόσο, δημιουργεί διαχωρισμό ευθυνών μεταξύ των μελετητών και των κατασκευαστών, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε συγκρούσεις και αξιώσεις σε περίπτωση μεταβολών ή ασαφειών στα συμβατικά τεύχη (CMAA, 2012). Η εναλλακτική, σχεδιαστικά και οργανωτικά, αφορά σε μεθόδους όπως το Design-Build (ο εργολάβος αναλαμβάνει ταυτόχρονα το σχεδιασμό και τη κατασκευή) ή το Construction Management at Risk (CMAR), όπου η ανάθεση και η συνεργασία μεταξύ μελέτης και εκτέλεσης είναι ενσωματωμένες. Παρόλα αυτά, οι παραδοσιακές πρακτικές εξακολουθούν να χαρακτηρίζουν μεγάλο μέρος της αγοράς λόγω νομικών και διαχειριστικών συνηθειών.

Κύριο εργαλείο και σημείο αναφοράς στη συμβατική οργάνωση του χρόνου εργασιών παραμένει η χρήση δικτύων προγραμματισμού και γραφημάτων, από τα πρώτα bar charts του Gantt (Gantt, 1913) έως τα δίκτυα προτεραιοτήτων και κριτικών διαδρομών (CPM, PERT) που εισήχθησαν τη δεκαετία του 1950. Η εφαρμογή αυτών των μεθόδων επιτρέπει τον υπολογισμό χρόνων, τον εντοπισμό κρίσιμων δραστηριοτήτων και την παρακολούθηση αποκλίσεων. Ο προγραμματισμός στο επίπεδο των δραστηριοτήτων προκύπτει από την αποκωδικοποίηση του Work Breakdown Structure (WBS) και την κατανομή πόρων και χρόνου σε κάθε στοιχείο, ενώ οι τεχνικές CPM/PERT παρέχουν επιστημονική βάση για την εστίαση στην κρισιμότητα και στην εκτίμηση αστάθειας χρόνων (PMI, 2021). Παρά την τεχνολογική εξέλιξη και τη διάδοση λογισμικών διαχείρισης (project management software), οι βασικές αρχές παραμένουν θεμελιώδεις για τον έλεγχο του χρονοδιαγράμματος και των κρίσιμων ορόσημων.

Στον οικονομικό έλεγχο, η συμβατική μέθοδος στηρίζεται σε προσεγγίσεις κοστολόγησης που απορρέουν από αναλυτικούς υπολογισμούς ποσοτήτων, τιμολόγια υλικών, εργασίας και γενικών εξόδων. Ο ρόλος του επιμετρητή (quantity surveyor) είναι κεντρικός για την κατάρτιση του προϋπολογισμού, για την ανάλυση κόστους ανά φάση και για την παρακολούθηση δαπανών σε πραγματικό χρόνο (Ashworth & Perera, 2013). Οι συμβατικές μορφές πληρωμών καθορίζουν το επίπεδο κινδύνου μεταξύ εργοδότη και ανάδοχου και επηρεάζουν αποφασιστικά τις συμπεριφορές στην κατασκευαστική φάση.

Σημαντικό στοιχείο της συμβατικής οργάνωσης είναι η νομική και συμβατική πλατφόρμα που διέπει τις σχέσεις. Τα συμβατικά αυτά πρότυπα προσφέρουν σαφή πλαίσια για πτυχές όπως αλλαγές έργου, καθυστερήσεις, ρήτρες, εγγυήσεις και διαδικασίες διαιτησίας/επίλυσης διαφορών· στην πράξη, ο τύπος σύμβασης που επιλέγει ο ιδιοκτήτης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την κατανομή του κινδύνου και τη δυνατότητα για ευέλικτες προσαρμογές κατά την κατασκευή (Kerzner, 2017).

Η συμβατική προσέγγιση στη διαχείριση ποιότητας και ασφάλειας προκρίνει τυποποιημένες διαδικασίες ελέγχου που περιλαμβάνουν εκπόνηση τεχνικών προδιαγραφών, ελέγχους συμμόρφωσης υλικών, εργαστηριακές δοκιμές, επιθεωρήσεις στον χώρο και πιστοποιήσεις. Η τυποποίηση των διαδικασιών επιδιώκει τη μείωση της αβεβαιότητας αλλά, παράλληλα, απαιτεί διοίκηση και αυστηρό έλεγχο για την αποφυγή αποκλίσεων. Στα παραδοσιακά σχήματα επιτήρησης, ο ρόλος του επιβλέποντος μηχανικού είναι καθοριστικός καθώς ελέγχει την πιστή εφαρμογή των σχεδίων, εγκρίνει υλικά και παραδοτέα και συντάσσει πρωτόκολλα παραλαβής.

Η οργάνωση του εργοταξίου, με βάση συμβατικές μεθόδους, προϋποθέτει καταμερισμό ζωνών εργασίας, διαχείριση προμηθειών (logistics), αποθήκευση υλικών, και ιεράρχηση εργασιών βάσει προτεραιοτήτων. Τα θέματα ασφάλειας και υγείας καθορίζονται από τα εν ισχύ υποχρεωτικά πρωτόκολλα, ενώ οι ροές εργασιών προγραμματίζονται με γνώμονα την ελαχιστοποίηση των συγκρούσεων αυτών και την αποδοτική χρήση πόρων (Ashworth & Perera, 2013). Η παραδοσιακή λογική προτάσσει επίσης το διακριτό ρόλο των ειδικοτήτων ως ξεχωριστές ενότητες που συντονίζονται κεντρικά.

Σε επίπεδο διαχείρισης κινδύνων, οι συμβατικές μέθοδοι στηρίζονται στην εκ των προτέρων ανάλυση κινδύνων, στον καθορισμό ρητρών για καθυστερήσεις και σε πρόνοιες για απρόβλεπτα γεγονότα. Ωστόσο, η παραδοσιακή κατανομή ρίσκου προς τον ανάδοχο μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη αβεβαιότητα τιμών και σε διεκδικήσεις για πρόσθετες αμοιβές σε περίπτωση αλλαγών (CMAA, 2012). Για το λόγο αυτό, σε πολλούς χώρους παρατηρείται μετατόπιση προς παραλλαγές σύμβασης που επιδιώκουν πιο ισορροπημένη κατανομή κινδύνου ή ενθαρρύνουν τη συνεργασία χωρίς όμως αυτό να καταργεί τον θεμελιώδη ρόλο των παραδοσιακών συμβάσεων σε πολλές αγορές.

Παρά την ευρεία εφαρμογή της, η συμβατική μέθοδος παρουσιάζει αδυναμίες. Η διάκριση ανάμεσα στο σχεδιασμό και στην εκτέλεση μπορεί να επιβραδύνει την επίλυση

προβλημάτων πεδίου, να ενισχύσει τις αντιπαραθέσεις και να περιορίσει την αποτελεσματικότητα επίλυσης τεχνικών ζητημάτων στην πράξη. Σε απάντηση, έχουν αναπτυχθεί μεθοδολογίες που συμπληρώνουν ή αντικαθιστούν παραδοσιακές πρακτικές, όπως, παραδείγματος χάριν, η υιοθέτηση lean προσεγγίσεων και του Last Planner system.

Στη συμβατική μεθοδολογία, η διαχείριση των αλλαγών (change management) και των αξιώσεων αποτελεί διαρκή προτεραιότητα. Οι αλλαγές μπορεί να προκύψουν από αναθεωρήσεις σχεδίων, ανεπαρκή μελέτη εδάφους, απρόβλεπτες συνθήκες ή αιτήματα του ιδιοκτήτη. Ο τρόπος διαχείρισης αυτών μέσω επίσημων εντολών αλλαγής, επανεκτιμήσεων κόστους και χρονοδιαγραμμάτων, καθορίζει την ομαλή εξέλιξη του έργου. Σε αυτό το πλαίσιο, οι καλές πρακτικές περιλαμβάνουν σαφείς ροές έγκρισης, έγκαιρη τεκμηρίωση και διαφανείς μηχανισμούς ανταμοιβής/πρόβλεψης για πρόσθετες εργασίες (Kerzner, 2017).

3.3 Καθορισμός παραμέτρων και δεδομένων της μελέτης

Ο καθορισμός των παραμέτρων για τη μελέτη ξεκινά με τη διατύπωση των γενικών χαρακτηριστικών του υπό εξέταση κτιρίου, τα οποία αποτελούν το θεμελιώδες πλαίσιο για κάθε περαιτέρω ανάλυση. Το υπό μελέτη κτίριο είναι μια τυπική αστική πολυκατοικία που αναπτύσσεται καθ' ύψος σε πέντε βασικά επίπεδα ήτοι πιλοτή/ισόγειο, τέσσερις τυπικούς ορόφους και απόληξη κλιμακοστασίου στο δώμα, και η συγκεκριμένη μορφή καθορίζει άμεσα μεγάλο μέρος των παραμέτρων σχεδιασμού και κατασκευής (π.χ. κατακόρυφη κυκλοφορία, δομικό σύστημα, κατανομή χρήσεων). Η επαναληπτικότητα της κάτοψης στους τυπικούς ορόφους επιτρέπει την υιοθέτηση τυποποιημένων παραμέτρων για επιφάνειες, ύψη και επιμέρους αρχιτεκτονικά στοιχεία, γεγονός που διευκολύνει τόσο τη μοντελοποίηση όσο και την ποσοτικοποίηση των απαιτούμενων πόρων.

Η πρώτη ομάδα παραμέτρων που ορίζεται αφορά τη γεωμετρική διάσταση περιλαμβάνοντας τον αριθμό και την αλληλουχία επιπέδων, τα ύψη στάθμης (levels), το συνολικό αποτύπωμα στο έδαφος (footprint), τον δομικό κάρναβο και τη θέση του κεντρικού πυρήνα κατακόρυφης κυκλοφορίας.

Στον πίνακα 1 συνοψίζονται τα βασικά γεωμετρικά δεδομένα που έχουν οριστεί και εφαρμόζονται στην μελέτη περίπτωσης.

Πίνακας 1 Βασικά γεωμετρικά δεδομένα κτιρίου

| Παράμετρος | Τιμή / Περιγραφή |
|-------------------|--|
| Αριθμός επιπέδων | Ισόγειο (πilotή), 4 τυπικοί όροφοι, δώμα |
| Δομικός κάρναβος | Κανονικός, αξονική διάταξη υποστυλωμάτων για επαναληπτικότητα ορόφων |
| Κεντρικός πυρήνας | Κλιμακοστάσιο και ασανσέρ στη μέση του κάρναβου |
| Μπαλκόνια | Περιμετρικά, επαναλαμβανόμενα σε όψεις |
| Χρήσεις ισόγειου | Parking / κοινόχρηστες λειτουργίες (πilotή) |

Η δεύτερη κατηγορία παραμέτρων που ορίζεται είναι οι λειτουργικές/προγραμματικές παράμετροι. Αυτές αφορούν στο τύπο και τον αριθμό των διαμερισμάτων ανά όροφο, τις επιφάνειες κύριων χώρων, τη θέση και το μέγεθος των κοινόχρηστων λειτουργιών, τις προδιαγραφές προσβασιμότητας και τις απαιτήσεις χώρων στάθμευσης. Όπως αναφέρθηκε, η κάτοψη ενός ορόφου οργανώνεται γύρω από τον κεντρικό πυρήνα, με τους κύριους χώρους (συνήθως σαλόνι/κουζίνα) προς την όψη και τα υπνοδωμάτια στη ησυχότερη πλευρά.

Σημαντική παράμετρος είναι οι τεχνικές/κατασκευαστικές προδιαγραφές που επιλέχθηκαν ως προεπιλογή για το έργο. Το φέρον σύστημα περιγράφεται ως συστοιχία υποστυλωμάτων, δοκών και πλακών, με σταθερό δομικό κάρναβο. Οι τοιχοποιίες μεταξύ διαμερισμάτων και τα μη φέροντα χωρίσματα ορίζονται ως ανεξάρτητες στρώσεις, επιτρέποντας τη μελλοντική αντικατάστασή τους χωρίς επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό. Τα βασικά υλικά περιλαμβάνουν οπλισμένο σκυρόδεμα για φέροντα στοιχεία, τοιχοποιία τούβλου για μη φέροντες τοίχους (Πίνακας 2). Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τις τιμές των σχεδιαστικών παραμέτρων.

Η τρίτη ομάδα παραμέτρων αφορά τα στοιχεία Η/Μ και τα υδραυλικά. Προκειμένου να διατηρηθεί ισορροπία μεταξύ λεπτομέρειας και διαχειρισιμότητας, οι Η/Μ εγκαταστάσεις και τα υδραυλικά δίκτυα ορίζονται με βασικές οντότητες, όπως κατακόρυφοι άξονες σωληνώσεων/καναλιών κοντά στον κεντρικό πυρήνα, σημειακοί κόμβοι για αποχέτευση και ηλεκτρική τροφοδοσία σε κουζίνες και λουτρά, καθώς και χώρος μηχανοστασίου στο δώμα/υπουργείο μηχανημάτων όπου προβλέπεται η τοποθέτηση εναλλακτικών μονάδων (π.χ. λέβητας, αντλίες, πιθανώς πλατφόρμες για μικρά συστήματα εξαερισμού). Η

πρόβλεψη αυτή δίνει τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης με όρους κόστους και χρονοπρογραμματισμού κατά τη φάση 4D/5D.

Πίνακας 2 Περιγραφή στοιχείων και υλικών κτιρίου

| Στοιχείο | Υλικό | Μονάδα αναφοράς | Σημειώσεις |
|---------------------------------|---|---------------------------------|--|
| Θεμελίωση | Οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30 + χαλύβδινη συναρμολόγηση | m ³ | Οπλισμένο σκυρόδεμα |
| Υποστρώματα (φέρων στοιχείο) | Οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30 | m ³ | Διατομές περιμετρικές/εσωτερικές (βλέπε πίνακα διαστάσεων) |
| Δοκοί | Οπλισμένο σκυρόδεμα | m ³ | Βάθος δοκού ~0.50 m (πρόταση) |
| Πλάκες ορόφων | Οπλισμένο σκυρόδεμα, πάχος 0.22 m | m ² / m ³ | Πάχος πλάκας προτεινόμενο 0.20 m (πρόταση) |
| Εξωτερική τοιχοποιία | Πλινθοδομή/τούβλο ή ελαφρά θερμομονωτική τοιχοποιία + ETICS | m ² | ETICS (θερμομόνωση) για συμμόρφωση ενεργειακών απαιτήσεων |
| Εσωτερικά χωρίσματα | Γυψοσανίδα σε μεταλλικό σκελετό | m ² | Ταχύτερη τοποθέτηση και ευελιξία αλλαγών |
| Παράθυρα | Αλουμίνιο θερμοδιακοπής + διπλός υαλοπίνακας (4-16-4) | m ² | U-value και ηχομόνωση ανά προδιαγραφή |
| Κιγκλιδώματα | Μεταλλικά γαλβανισμένο / ανοξείδωτο χάλυβα | m / m ² | Σχεδιασμός σύμφωνα με κανονισμούς ασφαλείας |
| Επιχρίσματα επενδύσεις πρόσοψης | Τυπικό επίχρισμα | m ² | Επιλογή αισθητική / συντήρηση |
| Δάπεδα εσωτερικά | Πλακάκι / laminate ανά χώρο και επιλογή ιδιοκτήτη | m ² | Χωριστή προδιαγραφή ανά χρήση (κουζίνα, ύπνος κλπ.) |
| Υδατοστεγή δώματος | Μεμβράνη PVC | m ² | Σωστή κλίση και στρώση θερμομόνωσης |
| Θερμομονώσεις | Πετροβάμβακας | m ² | Πάχος ανά απαιτήσεις U-value |
| Υδραυλικά αποχέτευση | PVC σωληνώσεις, εξαρτήματα | τεμ. / m | Άξονες κατακόρυφων δικτύων κοντά στον πυρήνα |
| Ηλεκτρολογικά | Καλωδιώσεις, πίνακες, φωτιστικά | τεμ. / πακέτο | Κατανεμημένα ανά διαμέρισμα και κοινόχρηστους χώρους |
| Βαφές τελειώματα | Υδατοδιαλυτά χρώματα, εξωτερικά συστήματα | m ² | Εσωτερική / εξωτερική προδιαγραφή |

Πίνακας 3 Διαστάσεις βασικών παραμέτρων

| Παράμετρος | Τιμή (πρόταση / εκτίμηση) | Μονάδα | Σχόλια / προέλευση |
|---|---------------------------|----------------|--|
| Αριθμός επιπέδων | Πιλοτή, 4 όροφοι, δώμα | επίπεδα | |
| Επιφάνεια κτιρίου | $18.0 \times 12.0 = 216$ | m ² | |
| Συνολική ωφέλιμη επιφάνεια (4 ορόφοι) | ≈ 864 | m ² | 216 m ² × 4 όροφοι |
| Συν. επιφάνεια με εξώστες | ≈ 920–960 | m ² | |
| Ύψος πιλοτής | 3.50 | m | |
| Ύψος ορόφου | 3.00 | m | Συνήθης τιμή σε κατοικίες |
| Πάχος πλάκας ορόφου | 0.20 | m | πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος |
| Βάθος δοκού (συνήθ.) | 0.50 | m | |
| Διατομή υποστυλώματος (εσωτερικό) | 0.30 × 0.30 | m | |
| Διατομή υποστυλώματος (περιμετρικά) | 0.40 × 0.40 | m | |
| Βάθος μπαλκονιού | 1.40 | m | |
| Επιφάνεια μπαλκονιών ανά διαμέρισμα | 6–10 | m ² | |
| Μέση επιφάνεια διαμερίσματος 1δκ | ~ 50 | m ² | 1 υπνοδωμ. |
| Μέση επιφάνεια διαμερίσματος 2δκ | ~ 75 | m ² | 2 υπνοδωμ. |
| Μέση επιφάνεια διαμερίσματος 3δκ | ~ 95 | m ² | 3 υπνοδωμ. |
| Χώρος στάθμευσης (θέση) | 2.50 × 5.00 | m | |
| Πλάτος κλιμακοστασίου | 1.20–1.40 | m | Ελάχιστες τιμές για ασφάλεια και διαφυγή |
| Θερμομονωτικό πάχος τοιχοποιίας (ETICS) | 0.08 – 0.10 | m | |
| Ύψος περιμετρικού στηθαίου δώματος | 1.10 | m | |
| Πάχος μόνωσης δώματος (θερμομονωτικό) | 0.08 – 0.12 | m | |

4 Σχεδιασμός Πολυκατοικίας με τη Χρήση BIM (Revit)

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας Building Information Modeling (BIM) στον σχεδιασμό μιας θεωρούμενης (όχι υφιστάμενης) τυπικής αστικής πολυκατοικίας, μέσω του λογισμικού Autodesk Revit. Η ενότητα αυτή αποτελεί τον πυρήνα της πρακτικής εφαρμογής της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, καθώς μεταβαίνει από το θεωρητικό πλαίσιο ανάλυσης στη ρεαλιστική υλοποίηση ενός ψηφιακού μοντέλου, το οποίο ενσωματώνει γεωμετρικά και πληροφοριακά δεδομένα του έργου.

Η πολυκατοικία που μοντελοποιήθηκε αντιπροσωπεύει μια τυπική κατασκευή μικρής έως μεσαίας κλίμακας, χαρακτηριστική της ελληνικής αστικής δόμησης. Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου κτιρίου δεν είναι τυχαία, καθώς οι πολυκατοικίες αποτελούν βασικό δομικό στοιχείο του οικιστικού ιστού των ελληνικών πόλεων και ταυτόχρονα έργα στα οποία, μέχρι σήμερα, η εφαρμογή της μεθοδολογίας BIM δεν είναι πλήρως διαδεδομένη. Μέσα από τη μελέτη αυτή επιδιώκεται η διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του BIM σε έργα επαναλαμβανόμενης τυπολογίας, όπου η οργάνωση, η ακρίβεια και η διαχείριση πληροφορίας μπορούν να επιφέρουν σημαντικά οφέλη.

4.2 Ανάπτυξη βασικού αρχιτεκτονικού μοντέλου

Το μοντέλο αναπτύχθηκε με στόχο τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου τρισδιάστατου ψηφιακού πρωτοτύπου, το οποίο περιλαμβάνει τα βασικά αρχιτεκτονικά και δομικά στοιχεία του κτιρίου. Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε εστιάζει στην ορθολογική οργάνωση των επιπέδων (levels), στη σαφή δομή των κατασκευαστικών στοιχείων (τοιχοποιίες, πλάκες, υποστυλώματα, εξώστες, κουφώματα), καθώς και στη σωστή παραμετροποίηση των οικογενειών (families), ώστε το μοντέλο να είναι λειτουργικό και επεκτάσιμο.

Η πολυκατοικία αποτελείται από ισόγειο επίπεδο, το οποίο λειτουργεί ως χώρος πιλοτής, και τέσσερις τυπικούς ορόφους κατοικίας, καθώς και απόληξη κλιμακοστασίου στο δώμα. Η ύπαρξη πιλοτής στο ισόγειο ενισχύει τη ρεαλιστικότητα της μελέτης, καθώς πρόκειται

για ιδιαίτερα διαδεδομένη πρακτική στην ελληνική οικοδομική δραστηριότητα. Η ανωδομή υποστηρίζεται από σύστημα υποστυλωμάτων, ενώ οι όροφοι οργανώνονται γύρω από κεντρικό πυρήνα κατακόρυφης κυκλοφορίας. Τα μπαλκόνια αναπτύσσονται στις κύριες όψεις, στοιχείο που επηρεάζει τόσο τη γεωμετρία όσο και την τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου.

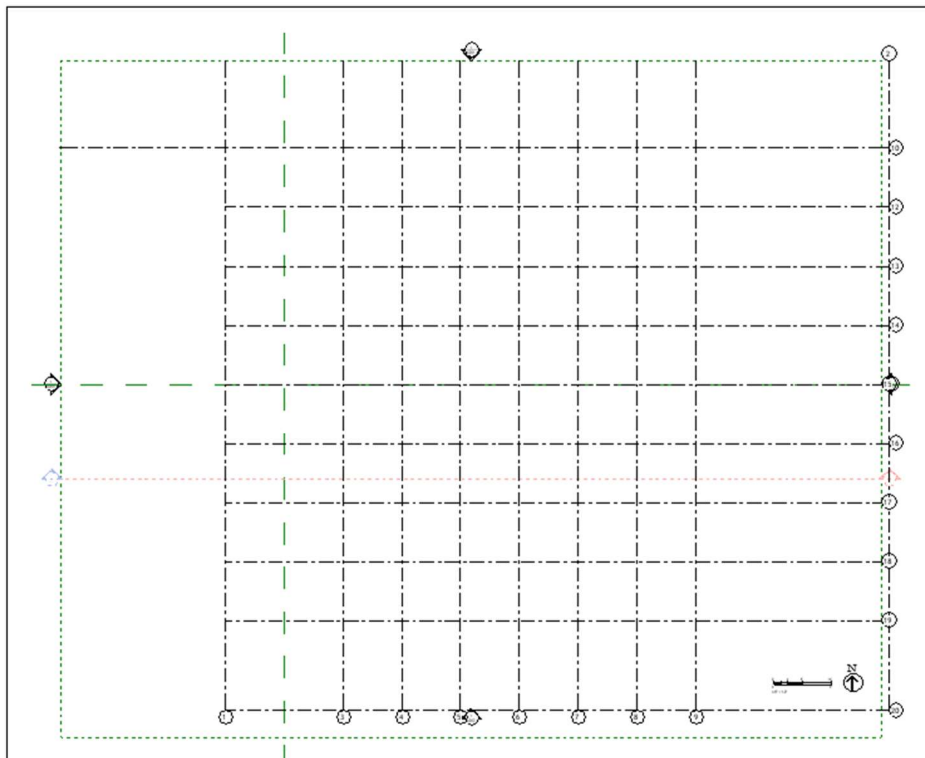
Η ανάπτυξη του μοντέλου στο Revit πραγματοποιήθηκε με βάση τη λογική των επιπέδων (Level-based modeling), όπου κάθε όροφος συνδέεται με συγκεκριμένη στάθμη αναφοράς. Αρχικά δημιουργήθηκαν τα απαιτούμενα επίπεδα σε όψεις (elevations), καθορίζοντας τα ύψη ορόφων και τις αντίστοιχες κατασκευαστικές στάθμες. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν οι πλάκες δαπέδων, οι τοιχοποιίες και τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία, με προσοχή στη σωστή αντιστοίχιση των Base και Top Constraints, ώστε να διασφαλιστεί η γεωμετρική συνέπεια του μοντέλου.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη σωστή οργάνωση του έργου σε επίπεδο πληροφορίας. Κάθε στοιχείο του μοντέλου δεν αποτελεί απλώς γεωμετρική αναπαράσταση, αλλά φέρει ιδιότητες και παραμέτρους, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν σε επόμενα στάδια διαχείρισης του έργου. Η λογική αυτή συνιστά βασικό πλεονέκτημα της μεθοδολογίας BIM έναντι της παραδοσιακής δισδιάστατης σχεδίασης (2D CAD), καθώς επιτρέπει την εξαγωγή ποσοτήτων, τη δημιουργία πινάκων (schedules) και τη συσχέτιση του μοντέλου με χρονοπρογραμματισμό και κοστολόγηση.

Κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης ακολουθήθηκαν βασικές αρχές ορθής πρακτικής BIM (BIM best practices), όπως η αποφυγή περιττής γεωμετρικής λεπτομέρειας, η χρήση επαναλαμβανόμενων στοιχείων μέσω αντιγραφής σε επιλεγμένα επίπεδα (Paste Aligned to Selected Levels), καθώς και η διατήρηση ομοιομορφίας στις διαστάσεις και στους τύπους στοιχείων. Η τυπικότητα των ορόφων αξιοποιήθηκε ώστε να αναδειχθεί η δυνατότητα επαναληψιμότητας και παραμετρικού ελέγχου του μοντέλου.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα συνεκτικό τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο επιτρέπει την οπτικοποίηση της κατασκευής, την κατανόηση της χωρικής οργάνωσης και την ανάλυση των επιμέρους στοιχείων του έργου. Παράλληλα, το μοντέλο αποτελεί τη βάση για το επόμενο κεφάλαιο, όπου θα αναπτυχθεί ο χρονοπρογραμματισμός του έργου μέσω διαγράμματος Gantt και η συσχέτιση των φάσεων κατασκευής με τα δομικά στοιχεία.

Συνολικά, το παρόν κεφάλαιο αποσκοπεί όχι μόνο στην παρουσίαση της γεωμετρικής διαμόρφωσης της πολυκατοικίας, αλλά και στην ανάδειξη της λειτουργικότητας του BIM ως εργαλείου οργάνωσης και διαχείρισης τεχνικών έργων. Μέσα από την εφαρμογή στο συγκεκριμένο case study καθίσταται δυνατή η πρακτική αξιολόγηση της μεθοδολογίας και η προετοιμασία για τη συγκριτική ανάλυση με τις συμβατικές μεθόδους σχεδιασμού που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 5: Δομικός Κάνναβος και Οργάνωση Αξόνων Κτιρίου (Ιδία πηγή)

Η Εικόνα 7 παρουσιάζει τον βασικό δομικό κάνναβο (structural grid) της πολυκατοικίας, ο οποίος αποτέλεσε το πρώτο και θεμελιώδες στάδιο της διαδικασίας μοντελοποίησης στο περιβάλλον BIM. Η δημιουργία των αξόνων (grids) πραγματοποιήθηκε σε στάδιο προγενέστερο της ανάπτυξης των δομικών και αρχιτεκτονικών στοιχείων, καθώς ο κάνναβος λειτουργεί ως σύστημα αναφοράς για την ακριβή τοποθέτηση υποστυλωμάτων, τοιχοποιιών και πλακών.

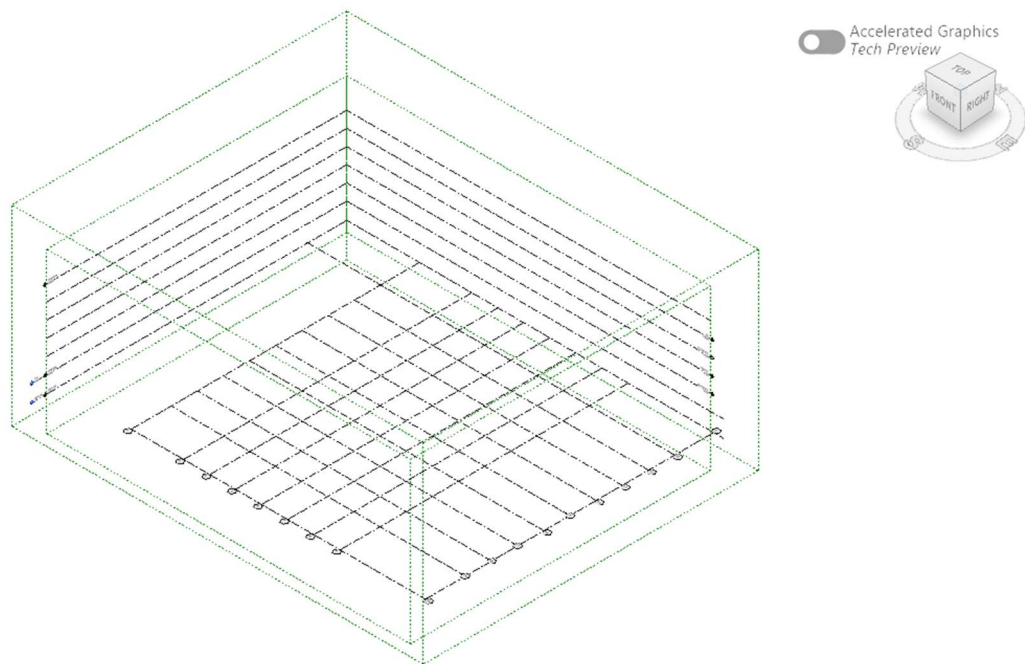
Ο κάνναβος αναπτύσσεται τόσο κατά τον άξονα X όσο και κατά τον άξονα Y, σχηματίζοντας ένα ορθοκανονικό σύστημα γραμμών που καθορίζει τις βασικές διαστάσεις και τον ρυθμό επανάληψης του φέροντος οργανισμού. Η επιλογή κανονικής γεωμετρίας

εξυπηρετεί τη στατική λογική της κατασκευής, ενώ παράλληλα διευκολύνει τη μελλοντική διαχείριση και τροποποίηση του μοντέλου. Κάθε άξονας φέρει μοναδική ονομασία, επιτρέποντας την ακριβή αναφορά και τεκμηρίωση θέσεων στοιχείων εντός του έργου.

Η χρήση δομικού καννάβου στο BIM περιβάλλον δεν περιορίζεται μόνο σε γεωμετρική οργάνωση, αλλά ενισχύει τη συνοχή του μοντέλου μέσω της δυνατότητας «ευθυγράμμισης» (alignment) και «δέσμευσης» (constraints) των στοιχείων σε συγκεκριμένους άξονες. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι οποιαδήποτε μεταβολή στη διάταξη του καννάβου μπορεί να επιφέρει ελεγχόμενες και συντονισμένες αλλαγές σε όλα τα εξαρτώμενα δομικά στοιχεία. Η πρακτική αυτή αποτελεί βασική αρχή της παραμετρικής λογικής που χαρακτηρίζει τη μεθοδολογία BIM.

Στην παρούσα μελέτη, ο κάνναβος χρησιμοποιήθηκε ως οδηγός για την τοποθέτηση των υποστυλωμάτων στο ισόγειο επίπεδο (pilotis), καθώς και για την ανάπτυξη των επαναλαμβανόμενων τυπικών ορόφων. Η κανονικότητα της διάταξης επιτρέπει την αξιοποίηση της δυνατότητας αντιγραφής στοιχείων σε επιλεγμένα επίπεδα (Paste Aligned to Selected Levels), μειώνοντας τον χρόνο μοντελοποίησης και διατηρώντας τη γεωμετρική ακρίβεια.

Επιπλέον, η ορατότητα του καννάβου στην κάτοψη ενισχύει την αναγνωσιμότητα των σχεδίων και διευκολύνει τη μελλοντική παραγωγή τεχνικών σχεδίων και πινάκων. Στο πλαίσιο της διαχείρισης έργου, οι άξονες αποτελούν βασικό εργαλείο συντονισμού μεταξύ αρχιτεκτονικής, στατικής και λοιπών μελετών, συμβάλλοντας στη μείωση σφαλμάτων και επικαλύψεων.



Εικόνα 6: Τρισδιάστατη Οργάνωση Καννάβου και Σταθμών (Levels) (Ιδία πηγή)

Η Εικόνα 8 παρουσιάζει την τρισδιάστατη απεικόνιση του δομικού καννάβου σε συνδυασμό με τα επίπεδα (Levels) της πολυκατοικίας στο περιβάλλον του Autodesk Revit. Σε αντίθεση με την προηγούμενη κάτοψη, όπου ο κάνναβος αποτυπώνεται δισδιάστατα, στην παρούσα εικόνα αναδεικνύεται η χωρική οργάνωση του κτιρίου και η κατακόρυφη ανάπτυξη των ορόφων.

Τα οριζόντια επίπεδα που απεικονίζονται αντιστοιχούν στις στάθμες του ισογείου, των τυπικών ορόφων και του δώματος. Κάθε επίπεδο λειτουργεί ως βασικό στοιχείο αναφοράς (reference datum) για την τοποθέτηση δομικών και αρχιτεκτονικών στοιχείων, όπως πλάκες, τοιχοποιίες και υποστυλώματα. Στο περιβάλλον BIM, τα Levels δεν αποτελούν απλώς βοηθητικές γραμμές σχεδίασης, αλλά παραμετρικά στοιχεία που καθορίζουν τη γεωμετρική και λειτουργική εξάρτηση των κατασκευαστικών στοιχείων.

Η τρισδιάστατη απεικόνιση καταδεικνύει τη σαφή ιεράρχηση της δομής του έργου. Ο κάνναβος εκτείνεται καθ' ύψος, διατηρώντας την ευθυγράμμιση των κατακόρυφων στοιχείων σε όλα τα επίπεδα. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η κατασκευαστική συνέχεια του φέροντος οργανισμού και η συνέπεια μεταξύ των ορόφων. Η παραμετρική σύνδεση των στοιχείων με τα αντίστοιχα Levels επιτρέπει την αυτόματη προσαρμογή τους

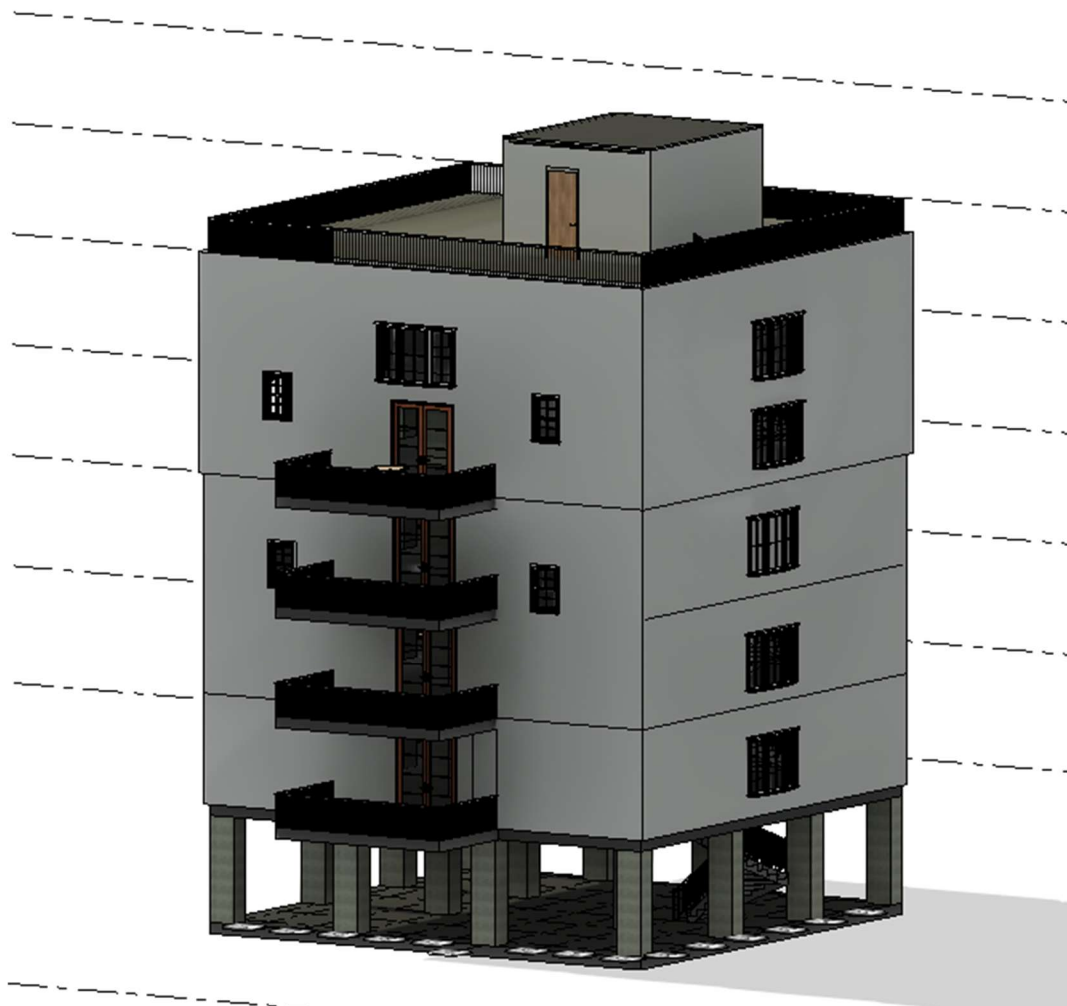
σε περίπτωση μεταβολής του ύψους ορόφου, στοιχείο που αναδεικνύει ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας BIM έναντι των συμβατικών μεθόδων σχεδίασης.

Επιπλέον, η συγκεκριμένη απεικόνιση υπογραμμίζει τη σημασία της σωστής αρχικής ρύθμισης των σταθμών πριν την ανάπτυξη του μοντέλου. Η καθορισμένη απόσταση μεταξύ των επιπέδων αντιστοιχεί στο καθαρό ύψος ορόφου και στο πάχος των πλακών, εξασφαλίζοντας ρεαλιστική γεωμετρική αναπαράσταση. Η ορθή διαχείριση των Levels διευκολύνει επίσης τη διαδικασία αντιγραφής επαναλαμβανόμενων ορόφων, ενισχύοντας την αποδοτικότητα της μοντελοποίησης.

Από διαχειριστική σκοπιά, η κατακόρυφη οργάνωση του μοντέλου αποτελεί τη βάση για τη μελλοντική σύνδεση του ψηφιακού πρωτοτύπου με τον χρονοπρογραμματισμό του έργου (4D BIM). Κάθε επίπεδο μπορεί να συσχετιστεί με συγκεκριμένη φάση κατασκευής, επιτρέποντας την προοδευτική ανάπτυξη του έργου τόσο σε γεωμετρικό όσο και σε χρονικό επίπεδο.

Συνολικά, η Εικόνα 8 αποτυπώνει τη χωρική δομή της πολυκατοικίας σε πρώιμο στάδιο μοντελοποίησης, αναδεικνύοντας τον θεμελιώδη ρόλο του δομικού καννάβου και των σταθμών ως βασικών παραμετρικών εργαλείων οργάνωσης στο περιβάλλον BIM. Η ορθή διαμόρφωση αυτών των στοιχείων αποτελεί προϋπόθεση για τη συνεπή, ελεγχόμενη και επεκτάσιμη ανάπτυξη του ψηφιακού μοντέλου.

4.3 Οργάνωση δομικών στοιχείων και επιπέδων



Εικόνα 7: Τρισδιάστατη Απεικόνιση Ολοκληρωμένου BIM Μοντέλου Πολυκατοικίας

Η Εικόνα 9 παρουσιάζει την τρισδιάστατη απεικόνιση του ολοκληρωμένου ψηφιακού μοντέλου της πολυκατοικίας, όπως αναπτύχθηκε στο περιβάλλον του Autodesk Revit. Η συγκεκριμένη άποψη αποτυπώνει τη συνολική γεωμετρική και λειτουργική οργάνωση του κτιρίου, αναδεικνύοντας τη χωρική διάρθρωση των ορόφων, τη διάταξη των εξωστών και την ανάπτυξη του φέροντος οργανισμού στο ισόγειο επίπεδο (pilotis).

Το κτίριο αναπτύσσεται καθ' ύψος σε πέντε βασικά επίπεδα: ισόγειο σε μορφή pilotis, τέσσερις τυπικούς ορόφους κατοικίας και απόληξη κλιμακοστασίου στο δώμα. Η επιλογή της pilotis στο ισόγειο συνάδει με την ελληνική οικοδομική πρακτική, επιτρέποντας τη δημιουργία ελεύθερου χώρου στάθμευσης και κοινόχρηστων λειτουργιών. Τα

υποστυλώματα του ισογείου διατάσσονται σύμφωνα με τον προκαθορισμένο δομικό κάναβο, διασφαλίζοντας κατασκευαστική συνέχεια και στατική λογική.

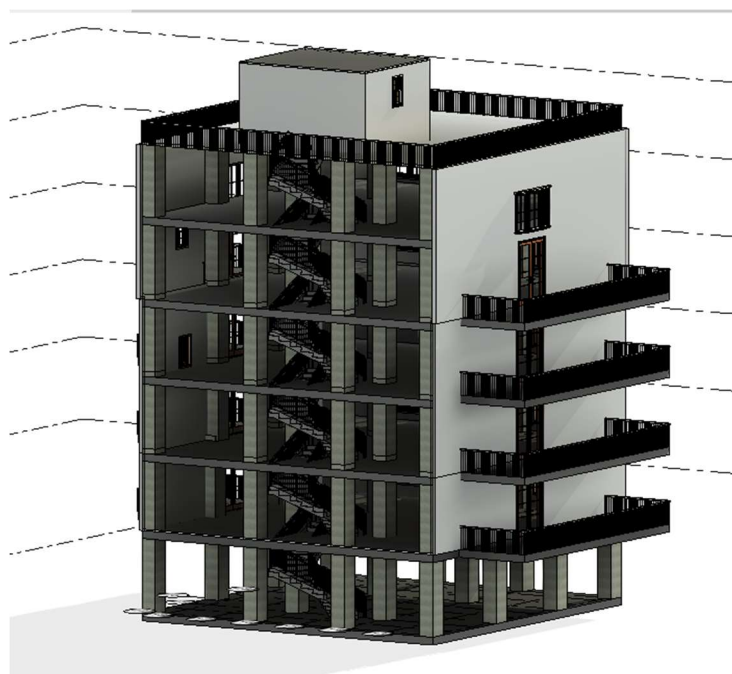
Οι τυπικοί όροφοι εμφανίζουν επαναλαμβανόμενη γεωμετρία, στοιχείο που αξιοποιήθηκε κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης μέσω παραμετρικής αντιγραφής σε επιλεγμένα επίπεδα. Η ομοιομορφία αυτή ενισχύει την αποδοτικότητα της κατασκευής και αντικατοπτρίζει ρεαλιστικά σενάρια πολυκατοικιών μικρής κλίμακας. Οι εξώστες προεξέχουν από την κύρια όψη, δημιουργώντας διαφοροποίηση στον όγκο του κτιρίου και αναδεικνύοντας τη σημασία της τρισδιάστατης οπτικοποίησης για την κατανόηση της μορφολογίας.

Η απώληξη του κλιμακοστασίου στο δώμα μοντελοποιήθηκε ως ανεξάρτητος όγκος, ο οποίος συνδέεται λειτουργικά με την κατακόρυφη κυκλοφορία του κτιρίου. Η ύπαρξη του στοιχείου αυτού συμβάλλει στη ρεαλιστική αναπαράσταση της τελικής μορφής του κτιρίου και στην πληρότητα του μοντέλου.

Από τεχνολογική άποψη, η τρισδιάστατη απεικόνιση καταδεικνύει το βασικό πλεονέκτημα της μεθοδολογίας BIM: την ενιαία διαχείριση γεωμετρίας και πληροφορίας σε ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό περιβάλλον. Σε αντίθεση με τη συμβατική δισδιάστατη σχεδίαση, όπου οι κατόψεις, όψεις και τομές αποτελούν ανεξάρτητα σχέδια, στο BIM μοντέλο όλες οι απεικονίσεις προκύπτουν από ένα κοινό ψηφιακό πρωτότυπο. Κάθε μεταβολή στη γεωμετρία του μοντέλου ενημερώνει αυτόματα όλα τα παραγόμενα σχέδια, διασφαλίζοντας συνέπεια και ακρίβεια.

Η συγκεκριμένη άποψη επιτρέπει επίσης την αξιολόγηση της αναλογίας, της μορφολογικής συνέπειας και της συνολικής αισθητικής του κτιρίου. Μέσω της τρισδιάστατης προβολής καθίσταται δυνατή η άμεση κατανόηση της σχέσης μεταξύ φέροντος οργανισμού και αρχιτεκτονικής μορφής, καθώς και ο έλεγχος πιθανών ασυνεχειών ή γεωμετρικών συγκρούσεων.

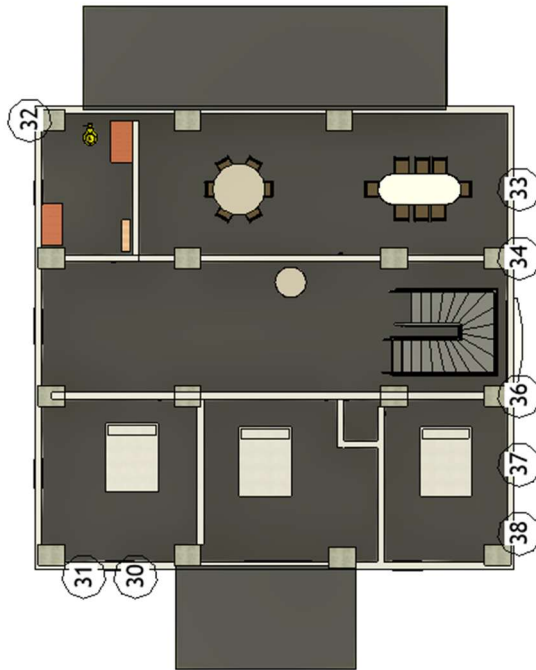
Συμπερασματικά, η Εικόνα 9 αποτυπώνει το στάδιο ολοκλήρωσης της βασικής μοντελοποίησης της πολυκατοικίας, παρουσιάζοντας ένα συνεκτικό και λειτουργικό BIM μοντέλο. Η ανάπτυξη αυτή αποτελεί τη βάση για το επόμενο στάδιο της εργασίας, το οποίο αφορά τη σύνδεση του ψηφιακού μοντέλου με τον προγραμματισμό του έργου και την ανάλυση της κατασκευαστικής διαδικασίας.



Εικόνα 8: Εσωτερική Τομή Κτιρίου

Η Εικόνα 10 παρουσιάζει την εσωτερική τρισδιάστατη τομή της πολυκατοικίας, μέσω της οποίας αποκαλύπτεται η κατακόρυφη οργάνωση του φέροντος οργανισμού και η διάταξη της εσωτερικής κλίμακας. Η τομή επιτρέπει την ταυτόχρονη οπτικοποίηση των πλακών, των υποστυλωμάτων και του πυρήνα κατακόρυφης κυκλοφορίας, αναδεικνύοντας τη δομική συνέχεια του κτιρίου από το επίπεδο της pilotis έως το δώμα. Ιδιαίτερη σημασία έχει η παραμετρική σύνδεση των δομικών στοιχείων με τα αντίστοιχα επίπεδα (Levels), η οποία διασφαλίζει τη γεωμετρική ακρίβεια και την κατασκευαστική συνέπεια καθ' ύψος.

Η εσωτερική κλίμακα μοντελοποιήθηκε ως ενιαίο λειτουργικό στοιχείο, με σαφή συσχέτιση μεταξύ ριχτιών, πατημάτων και ενδιάμεσων πλατύσκαλων, ακολουθώντας τις τυπικές κατασκευαστικές προδιαγραφές. Η τρισδιάστατη τομή αναδεικνύει τη σημασία του BIM στην κατανόηση της χωρικής αλληλεπίδρασης μεταξύ αρχιτεκτονικών και δομικών στοιχείων, καθώς επιτρέπει τον έλεγχο υψομετρικών σχέσεων, πιθανών συγκρούσεων και της συνολικής λειτουργικότητας του πυρήνα κυκλοφορίας. Με τον τρόπο αυτό, το ψηφιακό μοντέλο λειτουργεί όχι μόνο ως μέσο οπτικοποίησης, αλλά και ως εργαλείο τεχνικού ελέγχου και συντονισμού του έργου.

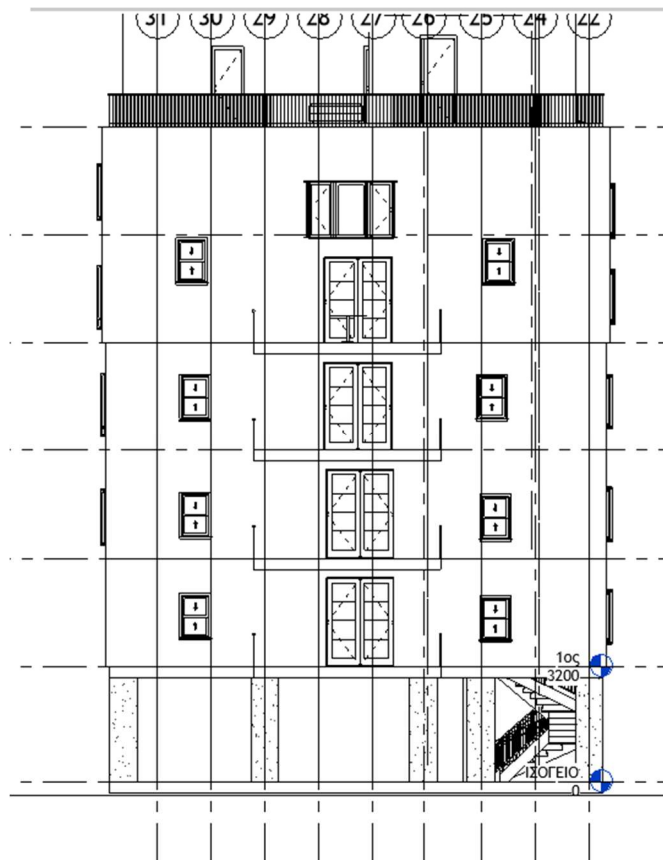


Εικόνα 9 Κάτοψη Τυπικού Ορόφου με Χωρική Διάταξη και Εξοπλισμό

Η Εικόνα 11 παρουσιάζει την κάτοψη ενός τυπικού ορόφου της πολυκατοικίας, όπως αυτή διαμορφώθηκε στο περιβάλλον BIM, συμπεριλαμβάνοντας βασικά αρχιτεκτονικά στοιχεία και ενδεικτική επίπλωση. Η διάταξη του ορόφου οργανώνεται γύρω από τον πυρήνα κατακόρυφης κυκλοφορίας (κλιμακοστάσιο), ενώ οι κύριοι χώροι αναπτύσσονται περιμετρικά, εξασφαλίζοντας λειτουργική διάρθρωση και φυσικό φωτισμό μέσω ανοιγμάτων στις όψεις. Τα υποστυλώματα αποτυπώνονται σύμφωνα με τον προκαθορισμένο δομικό κάρναβο, επιβεβαιώνοντας τη στατική λογική και τη συνέπεια του φέροντος οργανισμού σε όλους τους ορόφους.

Η ενσωμάτωση επίπλων στο μοντέλο δεν έχει μόνο απεικονιστικό χαρακτήρα, αλλά συμβάλλει στον έλεγχο της λειτουργικότητας και της εργονομίας των χώρων. Μέσω της παραμετρικής μοντελοποίησης, η κάτοψη του συγκεκριμένου ορόφου χρησιμοποιείται ως πρότυπο για όλους τους υπόλοιπους, δεδομένου ότι οι όροφοι είναι πανομοιότυποι. Η επαναληψιμότητα αυτή ενισχύει την αποδοτικότητα της διαδικασίας σχεδιασμού,

επιτρέπει την εύκολη τροποποίηση σε περίπτωση αλλαγών και αναδεικνύει τη δυνατότητα του BIM να διαχειρίζεται τυποποιημένες κατασκευές με συνέπεια και ακρίβεια.

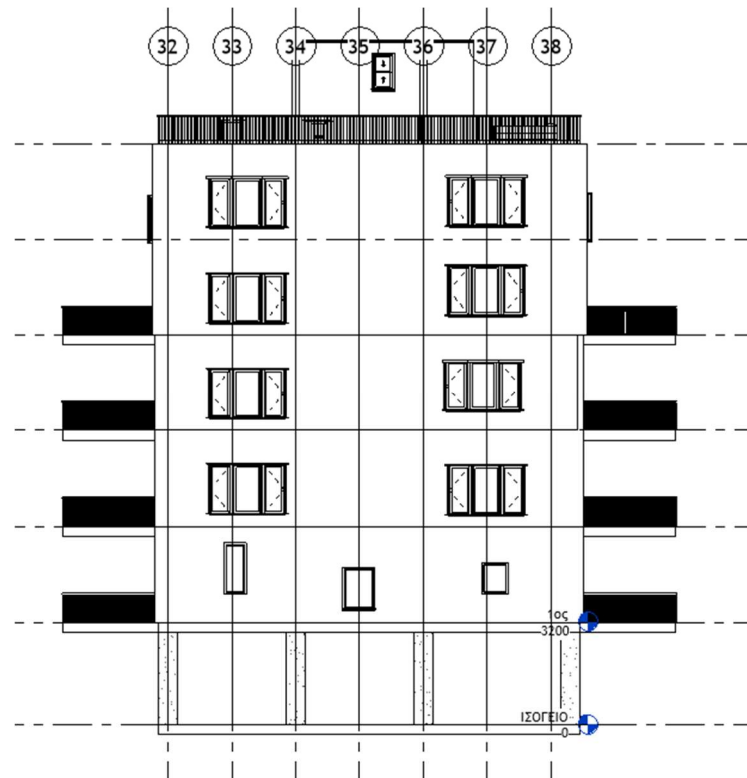


Εικόνα 10: Όψη Κτιρίου και Κατακόρυφη Οργάνωση Φέρουσας Δομής

Η Εικόνα 12 παρουσιάζει την όψη της πολυκατοικίας, όπως αυτή προκύπτει αυτόματα από το τρισδιάστατο BIM μοντέλο. Η κατακόρυφη διάρθρωση του κτιρίου αποτυπώνεται με σαφήνεια, αναδεικνύοντας την επαναληπτικότητα των τυπικών ορόφων, τη διάταξη των ανοιγμάτων και τη σχέση μεταξύ pilotis και ανωδομής. Η ευθυγράμμιση κουφωμάτων και εξωστών καθ' ύψος επιβεβαιώνει τη γεωμετρική συνέπεια που έχει επιτευχθεί μέσω του δομικού καννάβου και της παραμετρικής μοντελοποίησης. Παράλληλα, διακρίνονται οι στάθμες των ορόφων, οι οποίες λειτουργούν ως βασικά επίπεδα αναφοράς για όλα τα δομικά στοιχεία.

Η συγκεκριμένη όψη αναδεικνύει το βασικό πλεονέκτημα της μεθοδολογίας BIM, καθώς δεν αποτελεί ανεξάρτητο σχέδιο αλλά παράγωγο του ενιαίου ψηφιακού μοντέλου. Οποιαδήποτε τροποποίηση στη γεωμετρία (π.χ. αλλαγή διαστάσεων ανοιγμάτων ή ύψους ορόφου) ενημερώνει αυτόματα την όψη, διασφαλίζοντας ακρίβεια και αποφυγή

ασυνεπειών. Επιπλέον, η οπτική απεικόνιση της pilotis στο ισόγειο και της κατακόρυφης συνέχειας των υποστυλωμάτων υπογραμμίζει τη στατική λογική της κατασκευής και επιβεβαιώνει την ορθολογική οργάνωση του φέροντος οργανισμού στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.



Εικόνα 11: Κύρια Όψη Κτιρίου και Μορφολογική Οργάνωση

Η Εικόνα 13 παρουσιάζει την κύρια όψη της πολυκατοικίας, αποτυπώνοντας τη συμμετρική διάταξη των ανοιγμάτων και την κατακόρυφη επανάληψη των τυπικών ορόφων. Η σύνθεση της όψης βασίζεται στη λογική του δομικού καννάβου, γεγονός που εξασφαλίζει ευθυγράμμιση των κουφωμάτων και σαφή ρυθμικότητα στη μορφή του κτιρίου. Οι εξώστες αναπτύσσονται πλευρικά, δημιουργώντας πλαστικότητα στον όγκο και διαφοροποίηση στο περίγραμμα της όψης, ενώ το ισόγειο σε μορφή pilotis υπογραμμίζει τη διακριτή λειτουργική βάση του κτιρίου.

Η συγκεκριμένη απεικόνιση προκύπτει άμεσα από το ενιαίο BIM μοντέλο, επιβεβαιώνοντας τη διασύνδεση γεωμετρίας και πληροφορίας. Η αυτόματη παραγωγή της όψης διασφαλίζει τη συνέπεια μεταξύ κατόψεων, τομών και τρισδιάστατης απεικόνισης,

μειώνοντας τον κίνδυνο σχεδιαστικών ασυμφωνιών. Παράλληλα, η καθαρή ανάγνωση των σταθμών (levels) και της κατακόρυφης συνέχειας των υποστυλωμάτων αποτυπώνει τη δομική λογική της κατασκευής, ενισχύοντας την τεχνική πληρότητα του μοντέλου στο πλαίσιο της μελέτης.

5 Προγραμματισμός και Οργάνωση Έργου

5.1 Ανάλυση φάσεων και δραστηριοτήτων έργου

Η ανέγερση της εξεταζόμενης πολυκατοικίας απαιτεί σειρά διαδικασιών μετά τη ολοκλήρωση των σχετικών μελετών και την εκπόνηση των σχετικών σχεδίων. Οι εργασίες αυτές, θα εκτελεστούν από αντίστοιχα συνεργεία με τον κατάλληλο εξοπλισμό και εξειδίκευση, κάτω από την επιτήρηση του επιβλέποντος μηχανικού, ο οποίος προέρχεται από το αντίστοιχο τεχνικό γραφείο που ολοκλήρωσε την μελέτη και τον σχεδιασμό.

Η σύναψη σχετικών συμφωνητικών με τα εκάστοτε συνεργεία, εξασφαλίζει την απαίτηση ολοκλήρωσης από αυτά των ανατιθέμενων εργασιών εντός των προκαθορισμένων προγραμμάτων, προβλέποντας κατάλληλες ρήτρες για τυχόν καθυστερήσεις για τις οποίες φέρουν την ευθύνη. Παράλληλα τα ίδια συμφωνητικά προβλέπουν την αντιμετώπιση καθυστερήσεων και δυσκολιών που δεν άπτονται των εργασιών και αποτελούν ευθύνη είτε του γενικού επιβλέποντος εργολάβου του έργου, είτε υπόκεινται σε παραμέτρους που δεν μπορούν να ελεγχθούν, όπως παραδείγματος χάριν η καθυστέρηση παράδοσης υλικών. Η ποιότητα των εργασιών καταγράφεται στις σχετικές επιμετρήσεις που λαμβάνουν χώρα από τον επιβλέποντα μηχανικό του έργου ώστε να διασφαλιστεί η ορθή τήρηση των συμφωνηθέντων σε σχέση με τις εργασίες.

Δεδομένου ότι στην περίπτωση αρκετών εργασιών, όπως θα φανεί και στα επόμενα, υφίσταται η περίπτωση παράλληλης εκτέλεσης διαφόρων εξ αυτών από διαφορετικά συνεργεία, η συνεργασία μεταξύ των συνεργείων και η εν γένει οργάνωση τους από τον επιβλέποντα είναι κρίσιμης σημασίας. Εν γένει, οι εργασίες που θα εκτελεστούν αποτελούν μια συγκεκριμένη αλληλουχία, και η εκτέλεση τους πρέπει να λάβει χώρα με βάση την κοινή πρακτική, υπό όποιες διαφοροποιήσεις προβάλλει φυσικά η ιδιαιτερότητα του εξεταζόμενου κατασκευαστικού έργου.

5.1.1 Δομική ανάλυση έργου

Οι διάφορες εργασίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

- Χωματουργικά

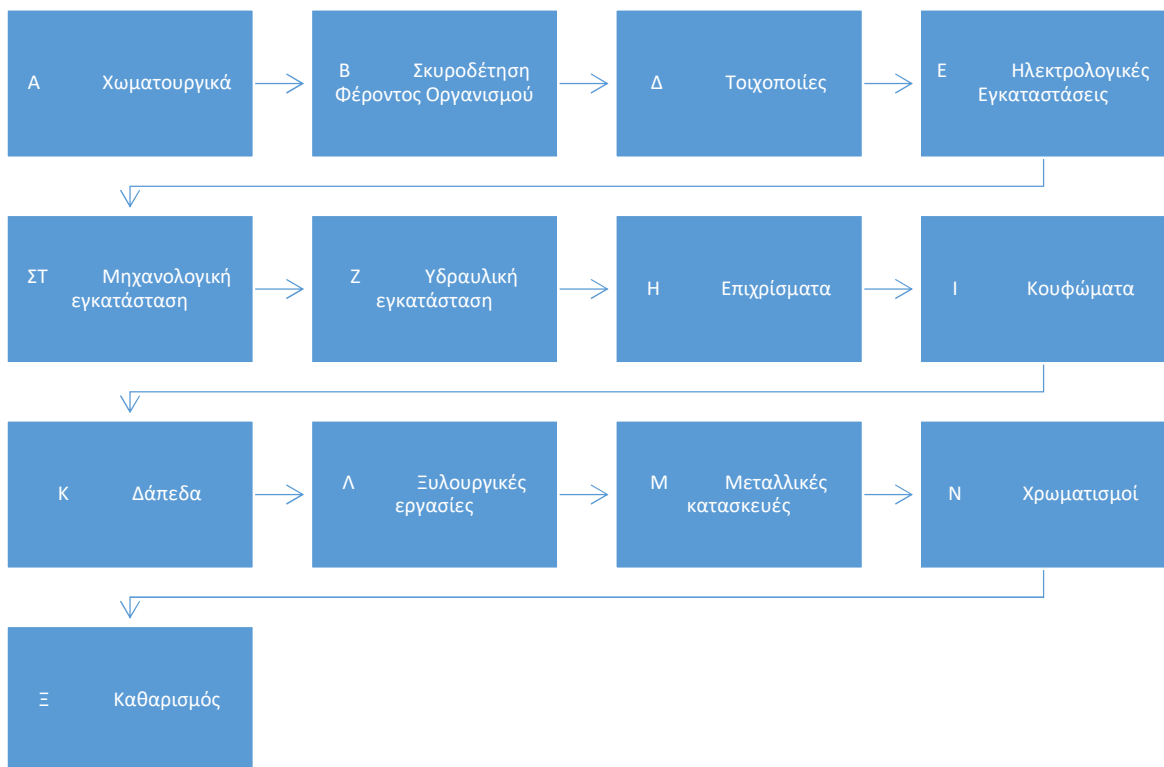
- Θεμελίωση και Σκυροδέτηση
- Τοιχοποιία
- Τοποθέτηση επιχρισμάτων
- Τοποθέτηση μονώσεων
- Ηλεκτρικές, υδραυλικές, μηχανολογικές και ενεργειακές εγκαταστάσεις
- Τοποθέτηση δαπέδων, στρώσεις κλιμάκων, τοποθέτηση επιτοιχίων πλακακιών
- Τοποθέτηση κουφωμάτων και θυρών (εξωτερικών)
- Ξυλουργικές εργασίες (Κουζίνες, ντουλάπες, εσωτερικά κουφώματα και θύρες)
- Τοποθέτηση συστήματος θέρμανσης
- Τοποθέτηση ειδών υγιεινής
- Τοποθέτηση μεταλλικών κατασκευών
- Χρωματισμοί

Κατά συνέπεια, βάση των ανωτέρω, ο Πίνακας 4 περιλαμβάνει την δομική ανάλυση του έργου (WBS), παρουσιάζοντας τις επιμέρους εργασίες και την αλληλουχία αυτών καθώς και τους χρόνους διάρκειας αυτών. Τα δεδομένα του πίνακα θα αξιοποιηθούν έπειτα για την κατασκευή του χρονοδιαγράμματος του έργου και τον αντίστοιχο προγραμματισμό των εργασιών. Αντίστοιχα οι εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζουν γραφικά τη διαδοχή των εργασιών στο σύνολο του έργου καθώς και λεπτομέρειες των διαδοχικών διεργασιών σε φάσεις υλοποίησης που περιλαμβάνουν περισσότερες διαδικασίες.

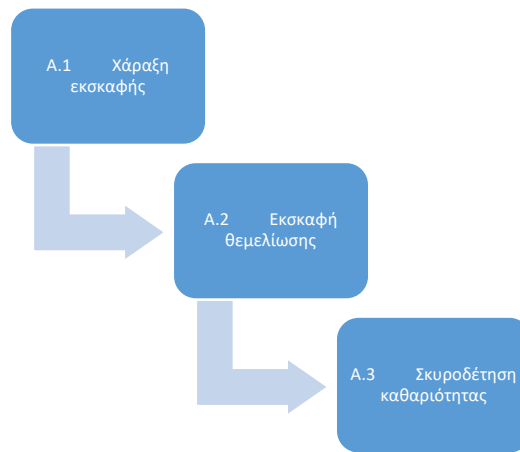
Πίνακας 4 Δομική ανάλυση έργου

| A/A | Δραστηριότητα | Προαπαιτούμενες Δραστηριότητες | Διάρκεια (Ημέρες) |
|-------|---|--------------------------------|-------------------|
| A | Χωματουργικά | | |
| A.1 | Χάραξη εκσκαφής | | 2 |
| A.2 | Εκσκαφή θεμελίωσης | A.1 | 6 |
| A.3 | Σκυροδέτηση καθαριότητας | A.2 | 1 |
| B | Σκυροδέτηση Φέροντος Οργανισμού | | |
| B.1 | Θεμελίωση | | |
| B.1.1 | Χάραξη | A.3+1 ημέρα | 2 |
| B.1.2 | Κατασκευή ξυλοτύπου | B.1.1 | 4 |
| B.1.3 | Τοποθέτηση οπλισμού | B.1.2 | 2 |
| B.1.4 | Σκυροδέτηση (περιλαμβάνει την Σκυροδέτηση, την αναμονή συμπίκνωσης και την αφαίρεση ξυλοτύπων) | B.1.3. | 9 |
| B.2 | Σκυροδέτηση Δοκών, υποστυλωμάτων και πλάκας πιλοτής | | |
| B.2.1 | Χάραξη | B.1.4 | 2 |
| B.2.2 | Κατασκευή ξυλοτύπου | B.2.1 | 4 |
| B.2.3 | Τοποθέτηση οπλισμού | B.2.2 | 2 |
| B.2.4 | Σκυροδέτηση (περιλαμβάνει την Σκυροδέτηση, την αναμονή συμπίκνωσης και την αφαίρεση ξυλοτύπων) | B.2.3. | 9 |
| B.3 | Σκυροδέτηση Δοκών, υποστυλωμάτων και πλάκας πρώτου ορόφου | | |
| B.3.1 | Χάραξη | B.2.4+ | 2 |
| B.3.2 | Κατασκευή ξυλοτύπου | B.3.1 | 4 |
| B.3.3 | Τοποθέτηση οπλισμού | B.3.2 | 2 |
| B.3.4 | Σκυροδέτηση (περιλαμβάνει την Σκυροδέτηση, την αναμονή συμπίκνωσης και την αφαίρεση ξυλοτύπων) | B.3.3. | 9 |
| B.4 | Σκυροδέτηση Δοκών, υποστυλωμάτων και πλάκας δευτέρου ορόφου | | |
| B.4.1 | Χάραξη | B.3.4 | 2 |
| B.4.2 | Κατασκευή ξυλοτύπου | B.4.1 | 4 |
| B.4.3 | Τοποθέτηση οπλισμού | B.4.2 | 2 |
| B.4.4 | Σκυροδέτηση (περιλαμβάνει την Σκυροδέτηση, την αναμονή συμπίκνωσης και την αφαίρεση ξυλοτύπων) | B.4.3. | 9 |
| B.5 | Σκυροδέτηση Δοκών, υποστυλωμάτων και πλάκας τρίτου ορόφου | | |
| B.5.1 | Χάραξη | B.4.4 | 2 |
| B.5.2 | Κατασκευή ξυλοτύπου | B.5.1 | 4 |
| B.5.3 | Τοποθέτηση οπλισμού | B.5.2 | 2 |
| B.5.4 | Σκυροδέτηση (περιλαμβάνει την Σκυροδέτηση, την αναμονή συμπίκνωσης και την αφαίρεση ξυλοτύπων) | B.5.3. | 9 |
| B.6 | Σκυροδέτηση Δοκών, υποστυλωμάτων και πλάκας τετάρτου ορόφου | | |
| B.6.1 | Χάραξη | B.5.4 | 2 |
| B.6.2 | Κατασκευή ξυλοτύπου | B.6.1 | 4 |
| B.6.3 | Τοποθέτηση οπλισμού | B.6.2 | 2 |
| B.6.4 | Σκυροδέτηση (περιλαμβάνει την Σκυροδέτηση, την αναμονή συμπίκνωσης και την αφαίρεση ξυλοτύπων) | B.6.3. | 9 |
| B.7 | Σκυροδέτηση Δοκών, υποστυλωμάτων και πλάκας ταράτσας-δώματος | | |
| B.7.1 | Χάραξη | B.6.4 | 2 |
| B.7.2 | Κατασκευή ξυλοτύπου | B.7.1 | 4 |
| B.7.3 | Τοποθέτηση οπλισμού | B.7.2 | 2 |
| B.7.4 | Σκυροδέτηση (περιλαμβάνει την Σκυροδέτηση, την αναμονή συμπίκνωσης και την αφαίρεση ξυλοτύπων) | B.7.3. | 9 |
| Δ | Τοιχοποιίες | | |
| Δ.1 | Εξωτερικές τοιχοποιίες και σενάζ | B.7.3 | 25 |
| Δ.2 | Εσωτερικές τοιχοποιίες και σενάζ | B.7.3 | 20 |
| Ε | Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις | | |
| E.1 | Τοποθέτηση ηλεκτρολογικής εγκατάστασης (καλωδιώσεις συμπεριλαμβανομένων σωληνώσεων) | Δ.1 | 10 |
| E.2 | Τοποθέτηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (Γενικός πίνακας, υποπίνακες, διακόπτες, πρίζες και φωτιστικά και συνδέσεις) | N.1+ 1 ημέρα | 6 |
| ΣΤ | Μηχανολογική εγκατάσταση | | |
| ΣΤ.1 | Ανελκυστήρας | Δ.2 | 10 |
| Z | Υδραυλική εγκατάσταση | | |
| Z.1 | Τοποθέτηση σωληνώσεων | Δ.2 | 10 |
| Z.2 | Τοποθέτηση ενδοδαπέδιων σωληνώσεων δισωλήνιας θέρμανσης | Δ.2 | 10 |

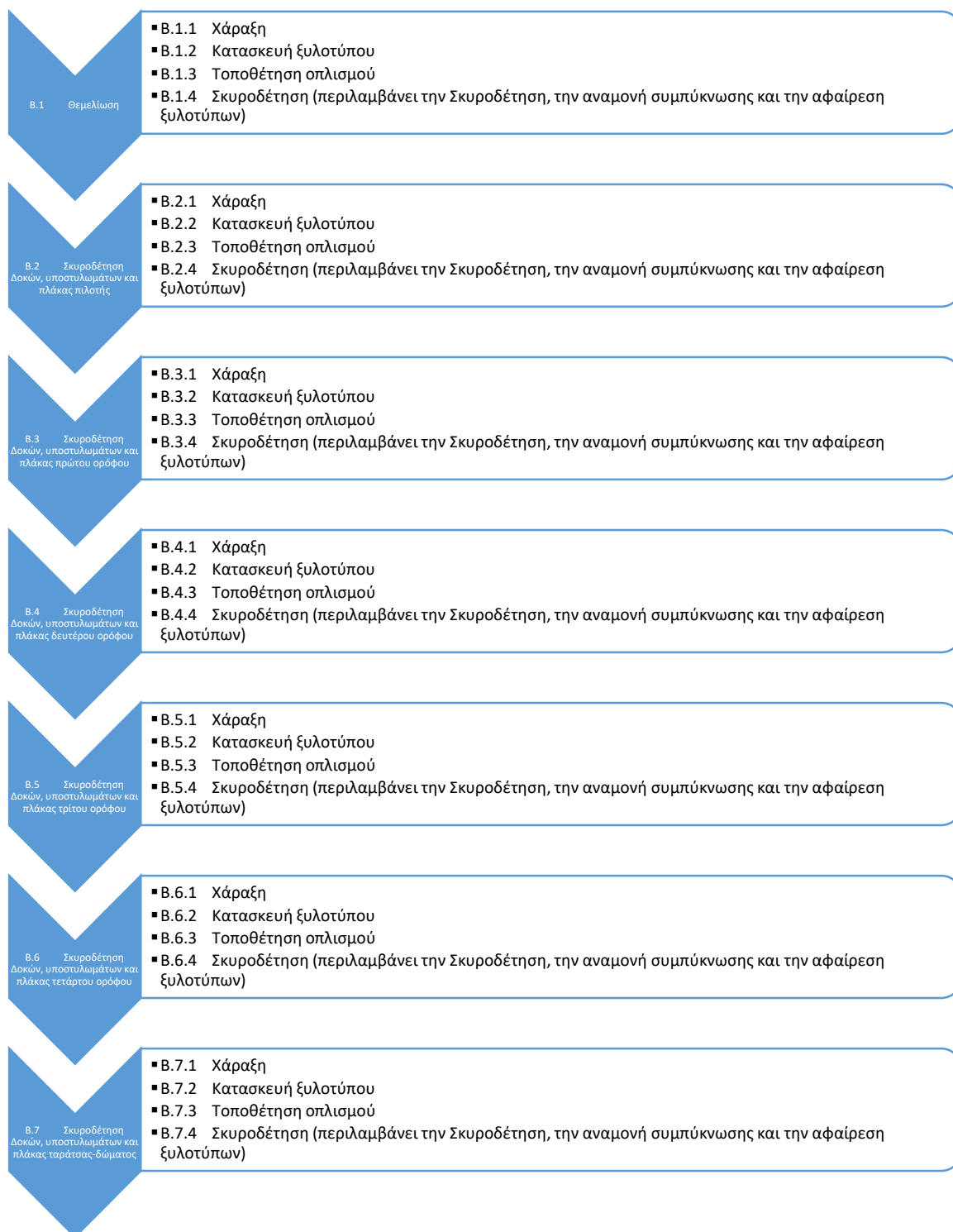
| | | | |
|-----|---|----------------|----|
| Z.3 | Τοποθέτηση θερμαντικών σωμάτων | N.1+ 1 ημέρα | 4 |
| Z.4 | Τοποθέτηση ειδών υγιεινής και βρυσών | K.1 | 10 |
| H | Επιχρίσματα | | |
| H.1 | Επιχρίσμα εξωτερικών επιφανειών | Δ.1 | 10 |
| H.2 | Επιχρίσμα εσωτερικών επιφανειών | Δ.2 | 12 |
| Θ | Μονώσεις | | |
| Θ.1 | Τοποθέτηση μόνωσης (εξωτερικές επιφάνειες και ταράτσα) | H.1 | 8 |
| I | Κουφώματα | | |
| I.1 | Τοποθέτηση κουφωμάτων και παραθύρων και θυρών (εξωτερικά) | Θ.1 | 12 |
| K | Δάπεδα | | |
| K.1 | Τοποθέτηση Δαπέδων και επιτοιχίων πλακακιών | Z.2, I.1 | 18 |
| Λ | Ξυλουργικές εργασίες | | |
| Λ.1 | Εσωτερικές θύρες | N.1+ 1 ημέρα | 12 |
| Λ.2 | Κουζίνες, ντουλάπες | N.1+ 1 ημέρα | 10 |
| M | Μεταλλικές κατασκευές | | |
| M.1 | Τοποθέτηση μεταλλικών κατασκευών (κάγκελά εσωτερικού κλιμακοστασίου, μπαλκονιών και ταράτσας) | Δ.2 | 5 |
| N | Χρωματισμοί | | |
| N.1 | Χρωματισμοί | K.1 | 18 |
| Ξ | Καθαρισμός | | |
| Ξ.1 | Καθαρισμός | E2, Z3, Λ1, Λ2 | 5 |



Εικόνα 12 Ιεραρχική δομή των κύριων διαδικασιών κατασκευής του έργου



Εικόνα 13 Επιμέρους διεργασίες και ιεραρχία αυτών για την φάση των χωματουργικών εργασιών



Εικόνα 14 Επιμέρους διεργασίες και ιεραρχία αυτών για την φάση εργασιών κατασκευής του φέροντος οργανισμού

5.1.2 Κατανομή πόρων

Η υλοποίηση κάθε κατασκευαστικού και μη έργου προϋποθέτει την ύπαρξη πόρων που είναι αναγκαίοι για την περάτωση του. Οι πόροι αυτοί μπορεί να είναι ανθρώπινοι ή/και να αφορούν σε εξοπλισμό, υλικά, εγκαταστάσεις και υπηρεσίες αναλόγως με τα απαιτούμενα για την εκάστοτε διεργασία ή εργασία.

Εν γένει οι θπόροι αφορούν σε κάθε τι που αξιοποιείται στην διαδικασία παραγωγής ενός έργου, και το οποίο παρέχεται σε συγκεκριμένη ποσότητα και με συγκεκριμένο κόστος. Δεδομένης της μη ύπαρξης συγκεκριμένης απαιτούμενης ημερομηνίας παράδοσης, στο εξεταζόμενο έργο η διαδικασία ανάθεσης των σχετικών πόρων είναι απλή και συνίσταται στην κατοχύρωση εργασιών σε εξειδικευμένα συνεργεία. Αυτά φέρουν το απαραίτητο εργατικό δυναμικό και εξοπλισμό, και κατά συνέπεια το κόστος αυτών λογίζεται συνολικά με βάση μονάδες όπως η επιφάνεια, οι ημέρες εργασίας κλπ και έχει ήδη αποτυπωθεί στο ανάλογο τεύχος κατασκευής του έργου.

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει την ανάθεση των επιμέρους εργασιών σε αντίστοιχα συνεργεία στο έργο.

Πίνακας 5 Ανάθεση εργασιών σε συνεργεία

| Συνεργείο | Ανατιθέμενες Δραστηριότητες | Α/Α δραστηριοτήτων |
|--|--|---|
| Εργολάβος Σκυροδέματος | Χωματοουργικά, Σκυροδέτηση Φέροντος Οργανισμού | A.1, A.2, A.3, B.1, B.2, B.3, B.4 B.5, B.6, B.7 |
| Συνεργείο τοιχοποιίας | Τοιχοποιίες | Δ.1, Δ.2 |
| Ηλεκτρολόγος | Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις | E.1, E.2 |
| Συνεργείο ανελκυστήρα | Μηχανολογική εγκατάσταση | ΣΤ.1 |
| Υδραυλικός | Υδραυλική εγκατάσταση | Z.1, Z.2, Z.3, Z.4 |
| Συνεργείο επιχρισμάτων | Επιχρίσματα | H.1, H.2 |
| Συνεργείο μόνωσης | Μονώσεις | Θ.1 |
| Συνεργείο αλουμινοκατασκευών | Κουφώματα | I.1 |
| Συνεργείο τοποθέτηση πατωμάτων/πλακιδίων | Δάπεδα | K.1 |
| Ξυλουργός | Ξυλουργικές εργασίες | Λ.1, Λ.2 |
| Συνεργείο μεταλλικών κατασκευών | Μεταλλικές κατασκευές | M.1 |
| Ελαιοχρωματιστής | Χρωματισμοί | N.1 |
| Εργάτης | Καθαρισμός | Ξ.1 |

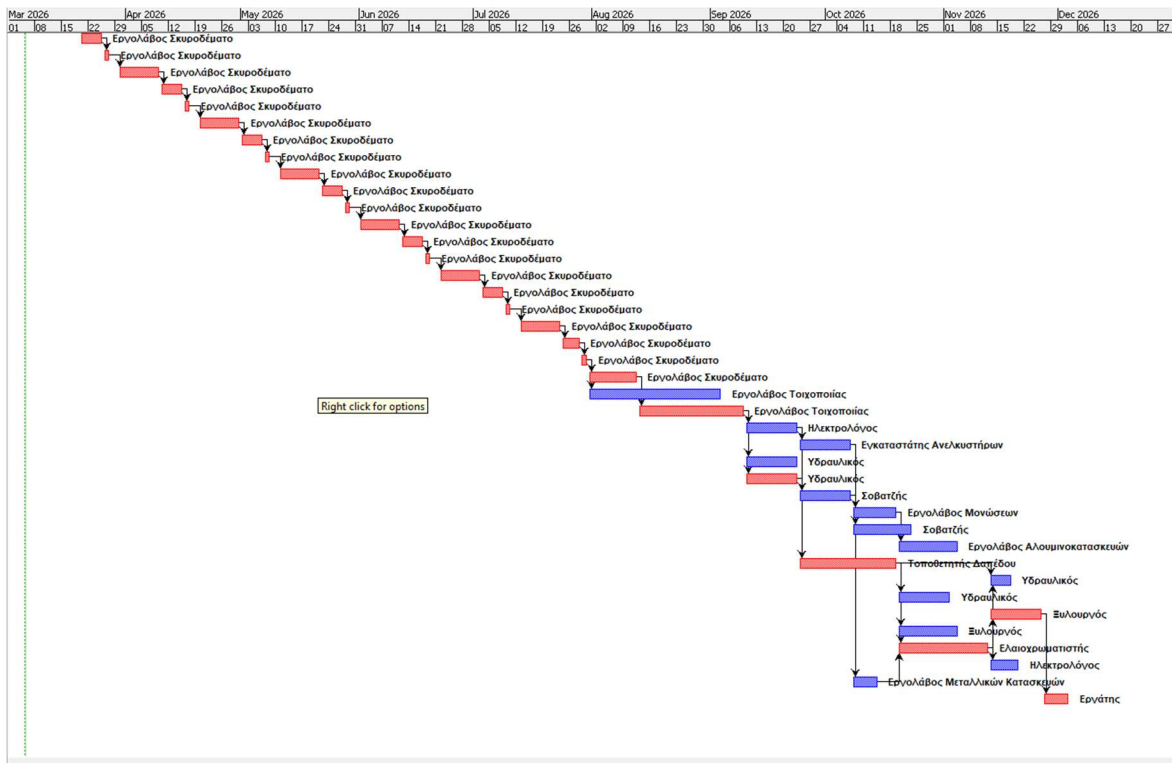
5.2 Χρονοπρογραμματισμός έργου και πόρων

Η ανάλυση και ο χρονοπρογραμματισμός της κατασκευής του εξεταζόμενου έργου έλαβε χώρα στη πλατφόρμα ProjectLibre. Τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στους Πίνακες 4 και 5 εισήχθησαν στο πρόγραμμα ώστε να προκύψει τόσο ο χρονοπρογραμματισμός αυτού όσο και η κατανομή και αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων.

Ο Πίνακας του έργου παρουσιάζεται στην εικόνα 15. Το αντίστοιχο διάγραμμα Gantt του έργου όπως προκύπτει, παρουσιάζεται στην εικόνα 16.

| ID | Name | Duration | Start | Finish | Predecessors | Resource Names |
|----|---|----------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | Χάραξη Εγκαταρής | 2 days | 3/5/26, 8:00 AM | 3/6/26, 5:00 PM | | |
| 2 | Εγκαταρής Θεμελίωσης | 6 days | 3/9/26, 8:00 AM | 3/16/26, 5:00 PM | 1 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 3 | Διάστρωση Σκυροδέτησης Καθαριότητας | 1 day | 3/17/26, 8:00 AM | 3/17/26, 5:00 PM | 2 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 4 | Χάραξη Θεμελίωσης | 2 days | 3/18/26, 8:00 AM | 3/19/26, 5:00 PM | 3 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 5 | Ευλόπιος Θεμελίωσης | 4 days | 3/20/26, 8:00 AM | 3/25/26, 5:00 PM | 4 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 6 | Προμήθεια και Τοποθέτηση Οπλισμού Θεμελίωσης | 2 days | 3/26/26, 8:00 AM | 3/27/26, 5:00 PM | 5 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 7 | Σκυροδέμα Θεμελίωσης | 9 days | 3/30/26, 8:00 AM | 4/9/26, 5:00 PM | 6 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 8 | Ευλόπιος Πλάκας Υποστυλωμάτων και Δοκών Πλωτής | 4 days | 4/10/26, 8:00 AM | 4/15/26, 5:00 PM | 7 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 9 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδηροπλισμού, Δοκών Πλωτής | 2 days | 4/16/26, 8:00 AM | 4/17/26, 5:00 PM | 8 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 10 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστυλωμάτων, Δοκών Πλωτής | 9 days | 4/20/26, 8:00 AM | 4/30/26, 5:00 PM | 9 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 11 | Ευλόπιος Πλάκας Υποστυλωμάτων και Δοκών Ορόφου 1 | 4 days | 5/1/26, 8:00 AM | 5/6/26, 5:00 PM | 10 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 12 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδηροπλισμού, Δοκών Ορόφου 1 | 2 days | 5/7/26, 8:00 AM | 5/8/26, 5:00 PM | 11 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 13 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστυλωμάτων, Δοκών Ορόφου 1 | 9 days | 5/11/26, 8:00 AM | 5/21/26, 5:00 PM | 12 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 14 | Ευλόπιος Πλάκας Υποστυλωμάτων και Δοκών Ορόφου 2 | 4 days | 5/22/26, 8:00 AM | 5/27/26, 5:00 PM | 13 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 15 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδηροπλισμού, Δοκών Ορόφου 2 | 2 days | 5/28/26, 8:00 AM | 5/29/26, 5:00 PM | 14 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 16 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστυλωμάτων, Δοκών Ορόφου 2 | 9 days | 6/1/26, 8:00 AM | 6/11/26, 5:00 PM | 15 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 17 | Ευλόπιος Πλάκας Υποστυλωμάτων και Δοκών Ορόφου 3 | 4 days | 6/12/26, 8:00 AM | 6/17/26, 5:00 PM | 16 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 18 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδηροπλισμού, Δοκών Ορόφου 3 | 2 days | 6/18/26, 8:00 AM | 6/19/26, 5:00 PM | 17 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 19 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστυλωμάτων, Δοκών Ορόφου 3 | 9 days | 6/22/26, 8:00 AM | 7/2/26, 5:00 PM | 18 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 20 | Ευλόπιος Πλάκας Υποστυλωμάτων και Δοκών Ορόφου 4 | 4 days | 7/3/26, 8:00 AM | 7/8/26, 5:00 PM | 19 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 21 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδηροπλισμού, Δοκών Ορόφου 4 | 2 days | 7/9/26, 8:00 AM | 7/10/26, 5:00 PM | 20 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 22 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστυλωμάτων, Δοκών Ορόφου 4 | 9 days | 7/13/26, 8:00 AM | 7/23/26, 5:00 PM | 21 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 23 | Ευλόπιος Πλάκας Υποστυλωμάτων και Δοκών Δώματος | 3 days | 7/24/26, 8:00 AM | 7/28/26, 5:00 PM | 22 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 24 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδηροπλισμού, Δοκών Δώματος | 2 days | 7/29/26, 8:00 AM | 7/30/26, 5:00 PM | 23 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 25 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστυλωμάτων, Δοκών Δώματος | 9 days | 7/31/26, 8:00 AM | 8/12/26, 5:00 PM | 24 | Εργολάβος Σκυροδέματο |
| 26 | Κτίσιμο εξωτερικών τοίχων | 25 days | 7/31/26, 8:00 AM | 9/3/26, 5:00 PM | 24 | Εργολάβος Τοιχοποιίας |
| 27 | Κατασκευή εσωτερικών τοίχων | 20 days | 8/13/26, 8:00 AM | 9/9/26, 5:00 PM | 25 | Εργολάβος Τοιχοποιίας |
| 28 | Τοποθέτηση ηλεκτρικής εγκατάστασης | 10 days | 9/10/26, 8:00 AM | 9/23/26, 5:00 PM | 27 | Ηλεκτρολόγος |
| 29 | Τοποθέτηση μηχανολογικής εγκατάστασης | 10 days | 9/24/26, 8:00 AM | 10/7/26, 5:00 PM | 28 | Εγκαταστάτης Ανελκυστήρων |
| 30 | Κατασκευή υδραυλικής εγκατάστασης | 10 days | 9/10/26, 8:00 AM | 9/23/26, 5:00 PM | 27 | Υδραυλικός |
| 31 | Τοποθέτηση ενδοδαπέδιας θέρμανσης | 10 days | 9/10/26, 8:00 AM | 9/23/26, 5:00 PM | 27 | Υδραυλικός |
| 32 | Σαβάνα εξωτερικής τοιχοποιίας | 10 days | 9/24/26, 8:00 AM | 10/7/26, 5:00 PM | 28 | Σαβατζίης |
| 33 | Τοποθέτηση μόνωσης | 8 days | 10/8/26, 8:00 AM | 10/19/26, 5:00 PM | 32 | Εργολάβος Μονώσεων |
| 34 | Σαβάνα εσωτερικής τοιχοποιίας | 12 days | 10/8/26, 8:00 AM | 10/23/26, 5:00 PM | 29 | Σαβατζίης |
| 35 | Τοποθέτηση Κουρμαμάτων | 12 days | 10/20/26, 8:00 AM | 11/4/26, 5:00 PM | 33 | Εργολάβος Αλουμινοκατασ... |
| 36 | Τοποθέτηση διαπέδων | 18 days | 9/24/26, 8:00 AM | 10/19/26, 5:00 PM | 31 | Τοποθετητής Διαπέδου |
| 37 | Τοποθέτηση Θερμαντικών σωμάτων | 4 days | 11/13/26, 8:00 AM | 11/18/26, 5:00 PM | 36;41 | Υδραυλικός |
| 38 | Τοποθέτηση αβών υγιεινής | 10 days | 10/20/26, 8:00 AM | 11/2/26, 5:00 PM | 36 | Υδραυλικός |
| 39 | Τοποθέτηση κουζίνας | 10 days | 11/13/26, 8:00 AM | 11/26/26, 5:00 PM | 41 | Ξυλουργός |
| 40 | Τοποθέτηση εσωτερικών θυρών | 12 days | 10/20/26, 8:00 AM | 11/4/26, 5:00 PM | 36 | Ξυλουργός |
| 41 | Χρωματισμοί | 18 days | 10/20/26, 8:00 AM | 11/12/26, 5:00 PM | 36;43 | Ελασχοχρωματιστής |
| 42 | Τοποθέτηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού | 6 days | 11/13/26, 8:00 AM | 11/20/26, 5:00 PM | 41 | Ηλεκτρολόγος |
| 43 | Κατασκευές μεταλλικών (κλιμακοστάσιο, μπαλκόνια, ταράτσα) | 5 days | 10/8/26, 8:00 AM | 10/14/26, 5:00 PM | 32 | Εργολάβος Μεταλλικών Κατ... |
| 44 | Καθαρισμός | 5 days | 11/27/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM | 39 | Εργάτης |

Εικόνα 15 Πίνακας του έργου



Εικόνα 16 Διάγραμμα Gantt του εξεταζόμενου έργου

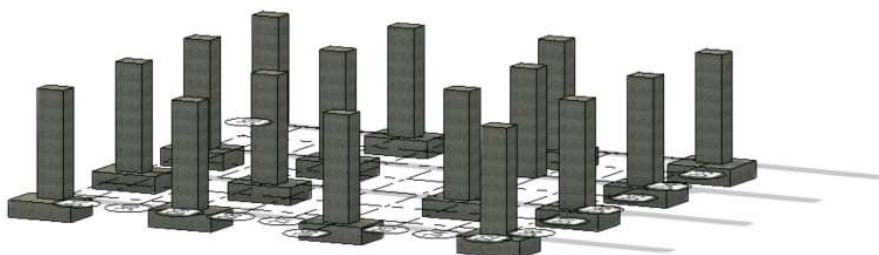
Ένα έργο ωστόσο, όσον αφορά στον χρονοπρογραμματισμό του, πρέπει να εξεταστεί με μια από τις υφιστάμενες μεθόδους με στόχο την αναγνώριση των κρίσιμων διεργασιών. Εκτελώντας την ανάλυση CPM στο μοντέλο του εξεταζόμενου έργου προκύπτουν τα αποτελέσματα του πίνακα της εικόνας 17, όπου εμφανίζονται οι κρίσιμες διεργασίες και οι χρόνοι έναρξης και λήξης όλων των διεργασιών.

| | Name | Start | Finish | Critical | Late Start | Late Finish |
|----|----------------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|
| 1 | Χάραξη Εκακαφής | 3/5/26, 8:00 AM | 3/6/26, 5:00 PM | ☑ | 3/5/26, 8:00 AM | 3/6/26, 5:00 PM |
| 2 | Εκακαφή θεμελίωσης | 3/9/26, 8:00 AM | 3/16/26, 5:00 PM | ☑ | 3/9/26, 8:00 AM | 3/16/26, 5:00 PM |
| 3 | Διάστρωση Σκυροδέτησης Κε | 3/17/26, 8:00 AM | 3/17/26, 5:00 PM | ☑ | 3/17/26, 8:00 AM | 3/17/26, 5:00 PM |
| 4 | Χάραξη Θεμελίωσης | 3/18/26, 8:00 AM | 3/19/26, 5:00 PM | ☑ | 3/18/26, 8:00 AM | 3/19/26, 5:00 PM |
| 5 | Ευλότυπος Θεμελίωσης | 3/20/26, 8:00 AM | 3/25/26, 5:00 PM | ☑ | 3/20/26, 8:00 AM | 3/25/26, 5:00 PM |
| 6 | Προμήθεια και Τοποθέτηση C | 3/26/26, 8:00 AM | 3/27/26, 5:00 PM | ☑ | 3/26/26, 8:00 AM | 3/27/26, 5:00 PM |
| 7 | Σκυροδέμα θεμελίωσης | 3/30/26, 8:00 AM | 4/9/26, 5:00 PM | ☑ | 3/30/26, 8:00 AM | 4/9/26, 5:00 PM |
| 8 | Ευλότυπος Πλάκας Υποστ/κ | 4/10/26, 8:00 AM | 4/15/26, 5:00 PM | ☑ | 4/10/26, 8:00 AM | 4/15/26, 5:00 PM |
| 9 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδ | 4/16/26, 8:00 AM | 4/17/26, 5:00 PM | ☑ | 4/16/26, 8:00 AM | 4/17/26, 5:00 PM |
| 10 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστ/κ | 4/20/26, 8:00 AM | 4/30/26, 5:00 PM | ☑ | 4/20/26, 8:00 AM | 4/30/26, 5:00 PM |
| 11 | Ευλότυπος Πλάκας Υποστ/κ | 5/1/26, 8:00 AM | 5/6/26, 5:00 PM | ☑ | 5/1/26, 8:00 AM | 5/6/26, 5:00 PM |
| 12 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδ | 5/7/26, 8:00 AM | 5/8/26, 5:00 PM | ☑ | 5/7/26, 8:00 AM | 5/8/26, 5:00 PM |
| 13 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστ/κ | 5/11/26, 8:00 AM | 5/21/26, 5:00 PM | ☑ | 5/11/26, 8:00 AM | 5/21/26, 5:00 PM |
| 14 | Ευλότυπος Πλάκας Υποστ/κ | 5/22/26, 8:00 AM | 5/27/26, 5:00 PM | ☑ | 5/22/26, 8:00 AM | 5/27/26, 5:00 PM |
| 15 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδ | 5/28/26, 8:00 AM | 5/29/26, 5:00 PM | ☑ | 5/28/26, 8:00 AM | 5/29/26, 5:00 PM |
| 16 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστ/κ | 6/1/26, 8:00 AM | 6/11/26, 5:00 PM | ☑ | 6/1/26, 8:00 AM | 6/11/26, 5:00 PM |
| 17 | Ευλότυπος Πλάκας Υποστ/κ | 6/12/26, 8:00 AM | 6/17/26, 5:00 PM | ☑ | 6/12/26, 8:00 AM | 6/17/26, 5:00 PM |
| 18 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδ | 6/18/26, 8:00 AM | 6/19/26, 5:00 PM | ☑ | 6/18/26, 8:00 AM | 6/19/26, 5:00 PM |
| 19 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστ/κ | 6/22/26, 8:00 AM | 7/2/26, 5:00 PM | ☑ | 6/22/26, 8:00 AM | 7/2/26, 5:00 PM |
| 20 | Ευλότυπος Πλάκας Υποστ/κ | 7/3/26, 8:00 AM | 7/8/26, 5:00 PM | ☑ | 7/3/26, 8:00 AM | 7/8/26, 5:00 PM |
| 21 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδ | 7/9/26, 8:00 AM | 7/10/26, 5:00 PM | ☑ | 7/9/26, 8:00 AM | 7/10/26, 5:00 PM |
| 22 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστ/κ | 7/13/26, 8:00 AM | 7/23/26, 5:00 PM | ☑ | 7/13/26, 8:00 AM | 7/23/26, 5:00 PM |
| 23 | Ευλότυπος Πλάκας Υποστ/κ | 7/24/26, 8:00 AM | 7/28/26, 5:00 PM | ☑ | 7/24/26, 8:00 AM | 7/28/26, 5:00 PM |
| 24 | Προμήθεια & Τοποθέτηση Σιδ | 7/29/26, 8:00 AM | 7/30/26, 5:00 PM | ☑ | 7/29/26, 8:00 AM | 7/30/26, 5:00 PM |
| 25 | Σκυροδέτηση Πλάκας Υποστ/κ | 7/31/26, 8:00 AM | 8/12/26, 5:00 PM | ☑ | 7/31/26, 8:00 AM | 8/12/26, 5:00 PM |
| 26 | Κτίσιμο εξωτερικών τοίχων | 7/31/26, 8:00 AM | 9/3/26, 5:00 PM | ☐ | 10/30/26, 8:00 AM | 10/30/26, 5:00 PM |
| 27 | Κατασκευή εσωτερικών τοίχ | 8/13/26, 8:00 AM | 9/9/26, 5:00 PM | ☑ | 8/13/26, 8:00 AM | 9/9/26, 5:00 PM |
| 28 | Τοποθέτηση ηλεκτρικής εγκ | 9/10/26, 8:00 AM | 9/23/26, 5:00 PM | ☐ | 9/15/26, 8:00 AM | 9/28/26, 5:00 PM |
| 29 | Τοποθέτηση μηχανολογικής | 9/24/26, 8:00 AM | 10/7/26, 5:00 PM | ☐ | 11/4/26, 8:00 AM | 11/17/26, 5:00 PM |
| 30 | Κατασκευή υδραυλικής εγκ | 9/10/26, 8:00 AM | 9/23/26, 5:00 PM | ☐ | 11/20/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |
| 31 | Τοποθέτηση ενδοσπέδιας θ | 9/10/26, 8:00 AM | 9/23/26, 5:00 PM | ☑ | 9/10/26, 8:00 AM | 9/23/26, 5:00 PM |
| 32 | Σοβάσιμα εξωτερικής τοιχο | 9/24/26, 8:00 AM | 10/7/26, 5:00 PM | ☐ | 9/29/26, 8:00 AM | 10/12/26, 5:00 PM |
| 33 | Τοποθέτηση μόνωσης | 10/8/26, 8:00 AM | 10/19/26, 5:00 PM | ☐ | 11/6/26, 8:00 AM | 11/17/26, 5:00 PM |
| 34 | Σοβάσιμα εσωτερικής τοιχο | 10/8/26, 8:00 AM | 10/23/26, 5:00 PM | ☐ | 11/18/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |
| 35 | Τοποθέτηση Κουφωμάτων | 10/20/26, 8:00 AM | 11/4/26, 5:00 PM | ☐ | 11/18/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |
| 36 | Τοποθέτηση διαπέδων | 9/24/26, 8:00 AM | 10/19/26, 5:00 PM | ☑ | 9/24/26, 8:00 AM | 10/19/26, 5:00 PM |
| 37 | Τοποθέτηση Θερμαντικών α | 11/13/26, 8:00 AM | 11/18/26, 5:00 PM | ☐ | 11/30/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |
| 38 | Τοποθέτηση εδών υγιεινής | 10/20/26, 8:00 AM | 11/2/26, 5:00 PM | ☐ | 11/20/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |
| 39 | Τοποθέτηση κουζίνας | 11/13/26, 8:00 AM | 11/26/26, 5:00 PM | ☑ | 11/13/26, 8:00 AM | 11/26/26, 5:00 PM |
| 40 | Τοποθέτηση εσωτερικών θυρ | 10/20/26, 8:00 AM | 11/4/26, 5:00 PM | ☐ | 11/18/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |
| 41 | Χρωματισμοί | 10/20/26, 8:00 AM | 11/12/26, 5:00 PM | ☑ | 10/20/26, 8:00 AM | 11/12/26, 5:00 PM |
| 42 | Τοποθέτηση ηλεκτρολογικ | 11/13/26, 8:00 AM | 11/20/26, 5:00 PM | ☐ | 11/30/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |
| 43 | Κατασκευές μεταλλικών (κλι | 10/8/26, 8:00 AM | 10/14/26, 5:00 PM | ☐ | 10/13/26, 8:00 AM | 10/19/26, 5:00 PM |
| 44 | Καθαρισμός | 11/27/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM | ☑ | 11/27/26, 8:00 AM | 12/3/26, 5:00 PM |

Εικόνα 17 Αποτελέσματα χρονοπρογραμματισμού του έργου. Η στήλη critical περιλαμβάνει με μπλε σημείωση τις δραστηριότητες που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή. Ο πίνακας παρουσιάζει τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης εργασιών ενώ οι δύο τελευταίες στήλες παρουσιάζουν το χρόνο αργότερης έναρξης και λήξης για την κάθε διεργασία.

Αντίστοιχα, με βάση την δήλωση ανάθεσης των διαθέσιμων πόρων προκύπτει και η αξιοποίηση αυτών (συνολική εργασία σε ώρες, Εικόνα 18).

βάθος και η προετοιμασία της στρώσης καθαριότητας με συμπύκνωση όπου απαιτείται. Στη συνέχεια τοποθετούνται οι ξυλότυποι και ο οπλισμός σύμφωνα με τις λεπτομερείς οδηγίες της στατικής μελέτης. Γίνονται έλεγχοι ποιότητας του οπλισμού, επιβεβαίωση των διατομών και των συνδέσεων, καθώς και η ενσωμάτωση των απαραίτητων αναμονών και εδράσεων. Η σκυροδέτηση πραγματοποιείται με ελεγχόμενη ροή, και αμέσως μετά ακολουθεί προγραμματισμένη ωρίμανση με επιτηρούμενη προστασία επιφανειών. Με την ολοκλήρωση των κύριων εργασιών θεμελίωσης, γίνονται οι πρώτες καταγραφές as-built και τα αναγκαία τεκμηριωμένα δείγματα υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για πιστοποιήσεις.

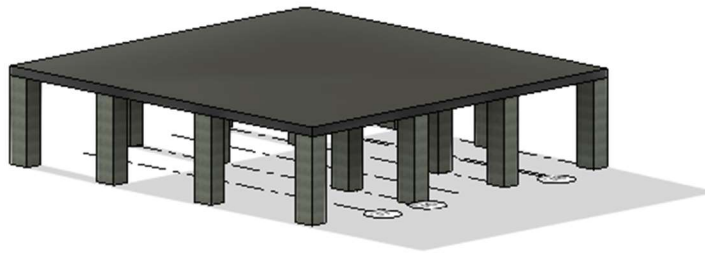


Εικόνα 19 Ολοκλήρωση θεμελίωσης

5.3.2 Ολοκλήρωση πιλοτής (πλάκα ισογείου και φέρον σύστημα ισογείου)

Μετά την ολοκλήρωση των θεμελίων, η κατασκευή προχωρά στην πιλοτή και στην πλάκα του ισογείου, που αποτελούν την οργανική σύνδεση με τους ανώτερους ορόφους. Η φάση περιλαμβάνει οριστική χάραξη, εγκατάσταση προσωρινών στηρίξεων για τυχόν μεγάλες ανοιχτές επιφάνειες, τοποθέτηση ξυλότυπων για δοκούς και πλάκες, καθώς και την προσεκτική τοποθέτηση του οπλισμού. Πριν από τη σκυροδέτηση διενεργούνται έλεγχοι για την ευθυγράμμιση, την επιπεδότητα και τη σωστή τοποθέτηση των υποδοχών για αναμονές και μηχανικές συνδέσεις (όπου αυτές θα τεθούν μετέπειτα). Η σκυροδέτηση της πλάκας ισογείου γίνεται βάσει προκαθορισμένου προγράμματος με διαχείριση ροής εργασίας ώστε να διασφαλίζεται ομοιογένεια και ποιότητα, ενώ μετά την ωρίμανση

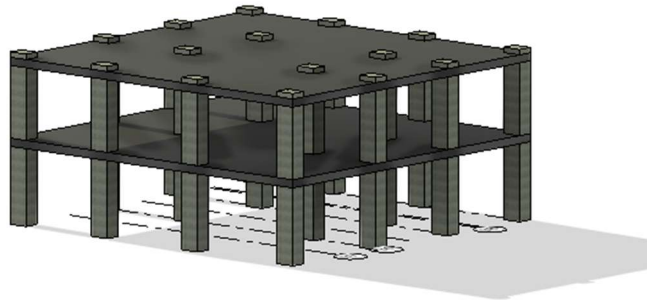
ακολουθεί ελεγχόμενη αφαίρεση ξυλοτύπων και προσωρινών στηρίξεων. Το BIM (Revit) χρησιμοποιείται για τη σύνδεση κάθε στοιχείου με τη σχετική εργασία στο WBS, επιτρέποντας την οπτική παρακολούθηση της προόδου και τον έλεγχο ποσοτήτων.



Εικόνα 20 Ολοκλήρωση δοκών πιλοτής και πλάκας 1^{ου} ορόφου

5.3.3 Ολοκλήρωση 1ου ορόφου

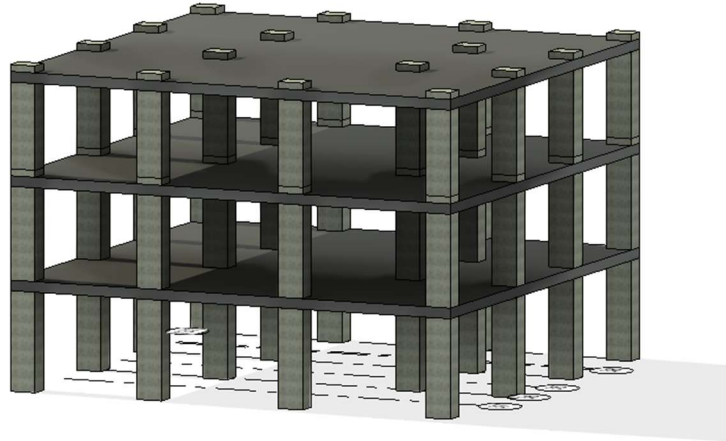
Η ανέγερση του πρώτου ορόφου απαιτεί συντονισμό πολλών επαναλαμβανόμενων αλλά κρίσιμων ενεργειών: τοποθέτηση και στερέωση ικριωμάτων, προετοιμασία λεπτομερών ξυλοτύπων για δοκούς και πλάκες, τοποθέτηση και έλεγχος οπλισμού, και τελικά σκυροδέτηση. Ιδιαίτερη προσοχή δίδεται στη διαχείριση των αρμών, στις αναμονές για μελλοντικές συνδέσεις και στη διασφάλιση ότι οι ανοχές κατασκευής τηρούνται στα όρια της μελέτης. Μετά τη σταδιακή ωρίμανση της πλάκας γίνονται μετρήσεις επιπεδότητας, επιθεωρήσεις για ρωγμές και τυχόν επισκευές, και καταγράφονται τα παρελκόμενα δεδομένα στο μοντέλο.



Εικόνα 21 Ολοκλήρωση 1^{ου} ορόφου και πλάκας δευτέρου ορόφου όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης

5.3.4 Ολοκλήρωση 2ου ορόφου

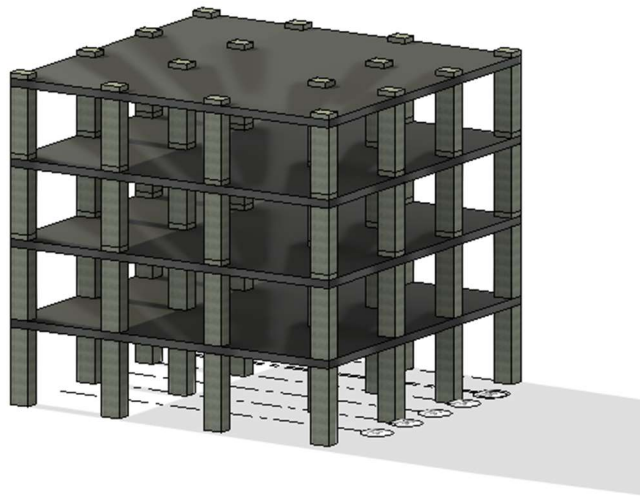
Ο δεύτερος όροφος ακολουθεί την ίδια λογική αλληλουχίας εργασιών με επιπλέον βελτιώσεις που προέκυψαν από τις εμπειρίες και τις διορθώσεις του πρώτου επιπέδου, με αποτέλεσμα βελτιωμένη αποδοτικότητα και μειωμένα περιθώρια σφάλματος. Οι εργασίες περιλαμβάνουν τον προκαταρκτικό έλεγχο των υποδομών στήριξης, την εφαρμογή τυποποιημένων ξυλοτύπων όπου είναι δυνατόν, την τοποθέτηση και σταθεροποίηση του σπλισμού και τη σκυροδέτηση σύμφωνα με τα προγραμματισμένα παράθυρα παράδοσης πρώτων υλών. Σημαντική είναι η παρακολούθηση των κρίσιμων διασυνδέσεων, η απόδοση των κριωμάτων και η διαχείριση των προσωπικών μέσων προστασίας των συνεργείων.



Εικόνα 22 Ολοκλήρωση 2^{ου} ορόφου και πλάκας τρίτου ορόφου όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης

5.3.5 Ολοκλήρωση 3ου ορόφου

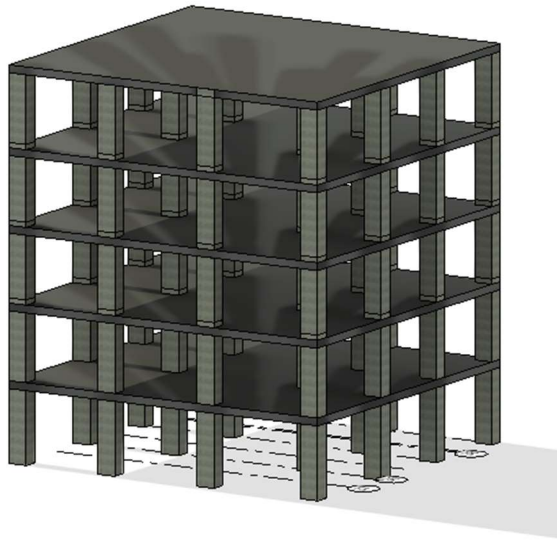
Η ανέγερση του τρίτου ορόφου συνεχίζει την ομαλή ροή εργασιών και δοκιμάζει την ικανότητα του έργου να διατηρεί σταθερές επιδόσεις κατά την επανάληψη κατασκευαστικών κύκλων. Σε αυτό το στάδιο ελέγχονται εξονυχιστικά οι κόμβοι σύνδεσης δοκών-υποστυλωμάτων, εφαρμόζονται τυχόν τοπικές ενισχύσεις που απαιτήθηκαν μετά τις επιθεωρήσεις των προηγούμενων επιπέδων και γίνεται λεπτομερής καταγραφή των ανοχών. Επιπλέον, γίνεται διαχείριση των αναμονών για αρχιτεκτονικά στοιχεία που θα τοποθετηθούν αργότερα, και διασφαλίζεται η συνέχεια των δομικών αξόνων ώστε να μην υπάρξουν μεταβολές στη γεωμετρία.



Εικόνα 23 Ολοκλήρωση 3^{ου} ορόφου και πλάκας τετάρτου ορόφου όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης

5.3.6 Ολοκλήρωση 4ου ορόφου

Ο τέταρτος όροφος αποτελεί συχνά το τελευταίο στάδιο ανέγερσης του φέροντος οργανισμού και απαιτεί προσεκτική παρακολούθηση των τελικών ανοχών και της ποιότητας κάθε κατασκευαστικής λεπτομέρειας. Σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιείται η τελική ευθυγράμμιση των κατακόρυφων στοιχείων, ο έλεγχος των συνδέσεων δοκών και υποστυλωμάτων και η τοποθέτηση των αναμονών που θα εξυπηρετήσουν την ταράτσα και τις επόμενες αρχιτεκτονικές εργασίες.



Εικόνα 24 Ολοκλήρωση 4^{ου} ορόφου και πλάκας ταράτσας όπου εμφανίζονται οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης

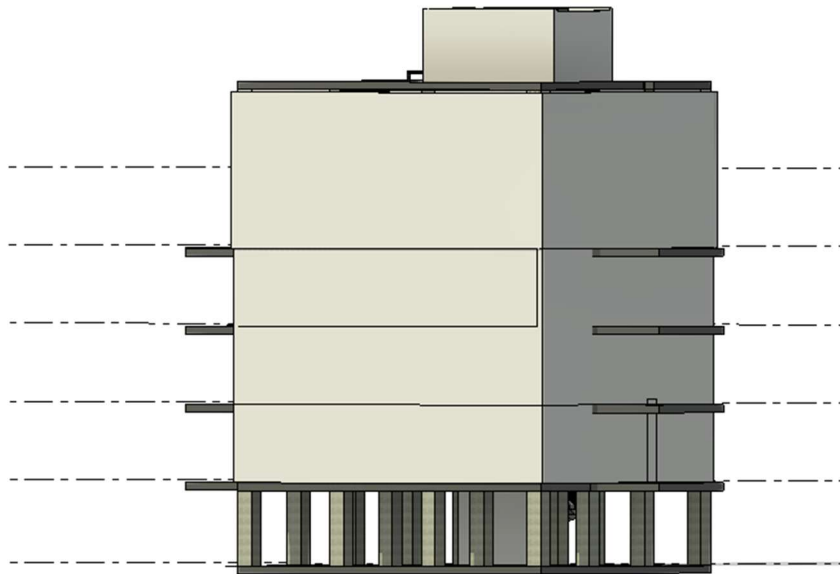
5.3.7 Ολοκλήρωση ταράτσας (δώμα)

Η κατασκευή της ταράτσας ολοκληρώνει την κατασκευή του φέροντος οργανισμού και προετοιμάζει το κτίριο για τις τελικές εξωτερικές εργασίες και τα φινιρίσματα. Η διαδικασία περιλαμβάνει την κατασκευή της τελικής πλάκας, την εφαρμογή αρμών συστολής, την ενσωμάτωση των αποστραγγιστικών στοιχείων και την προετοιμασία για τυχόν επιστρώσεις ή προστατευτικές στρώσεις (προσοχή: αγνοούνται εδώ οι λεπτομέρειες MEP). Ειδική μέριμνα λαμβάνεται για την στεγανότητα κατά την πρώτη περίοδο μετά τη σκυροδέτηση, με την κατάλληλη προστασία των επιφανειών έως ότου ολοκληρωθούν οι μόνιμες εργασίες.

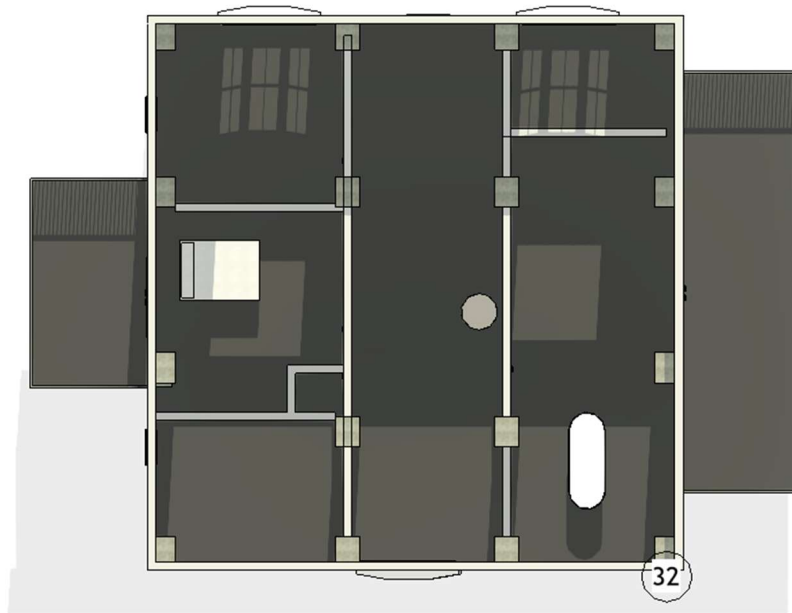
5.3.8 Ολοκλήρωση εξωτερικής και εσωτερικής τοιχοποιίας

Μετά την κατασκευή του φέροντος οργανισμού προχωρούν οι εργασίες τοιχοποιίας: ανέγερση των εξωτερικών περιμετρικών τοίχων, τοποθέτηση κουφωμάτων και κατασκευή εσωτερικών χωρισμάτων. Οι εργασίες αυτές απαιτούν ακριβή κοπή, αρμολόγηση, έλεγχο ευθυγράμμισης και διαχείριση των ανοιγμάτων για πόρτες και παράθυρα. Η τοποθέτηση

κουφωμάτων γίνεται σύμφωνα με τις ανοχές που καθορίζονται στα αρχιτεκτονικά σχέδια και ακολουθούν δοκιμές λειτουργίας και στεγανότητας. Στο μοντέλο Revit καταγράφονται οι θέσεις των τοίχων και των ανοιγμάτων ώστε να συσχετίζονται με τις αντίστοιχες εργασίες στο WBS και να διευκολύνεται ο έλεγχος προόδου και η διαχείριση ποσοτήτων.



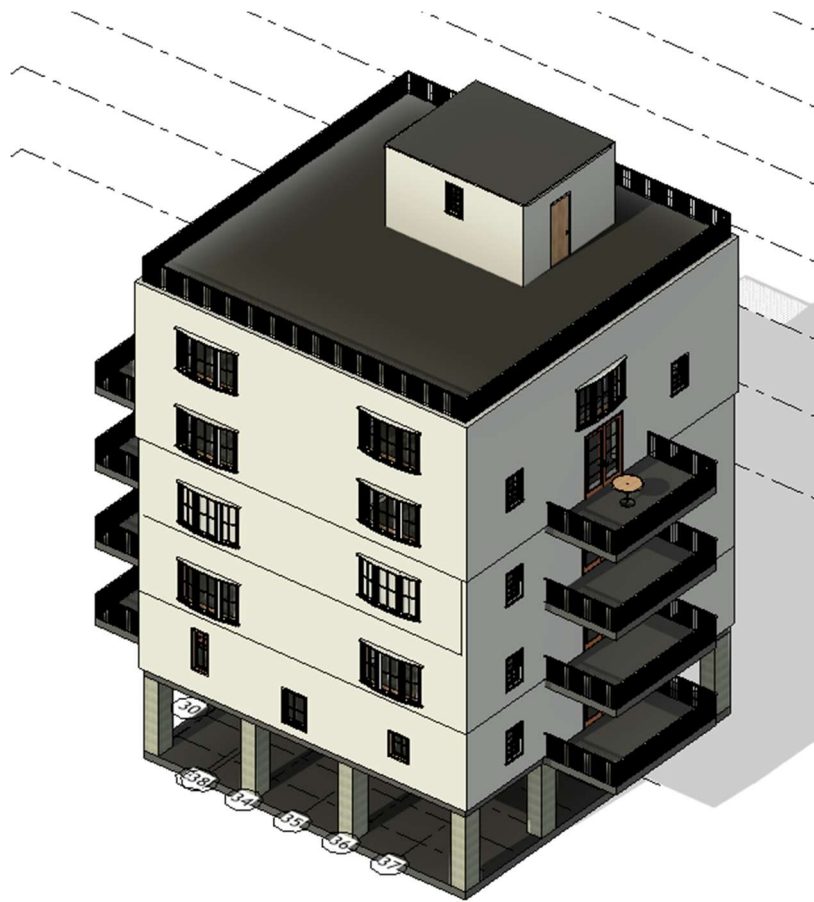
Εικόνα 25 Ολοκλήρωση εξωτερικής τοιχοποιίας



Εικόνα 26 Ολοκλήρωση εσωτερικής τοιχοποιίας (B όροφος)

5.3.9 Επιχρίσματα, επιστρώσεις δαπέδων, ξυλουργικές και μεταλλικές εργασίες

Με την ολοκλήρωση της τοιχοποιίας προχωρούν οι εργασίες επιχρισμάτων εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών, που περιλαμβάνουν προετοιμασία υποστρωμάτων, εφαρμογή πρώτων και τελικών στρώσεων, λείανση και ελέγχους. Παράλληλα εκτελούνται εργασίες τοποθέτησης δαπέδων (πλακάκια, παρκέ, επενδύσεις), τοποθέτησης κουφωμάτων, και τελικών ξυλουργικών στοιχείων όπως πόρτες και ντουλάπες. Οι μεταλλικές εργασίες (κιγκλιδώματα, σκάλες, στηρίξεις) πραγματοποιούνται από εξειδικευμένα συνεργεία και υπόκεινται σε δοκιμές στερέωσης και ευθυγράμμισης.



Εικόνα 27 Ολοκλήρωση κατασκευών

6 Συμπεράσματα

Η παρούσα ΜΔΕ έδειξε ότι η ενσωμάτωση της μεθοδολογίας BIM στον προγραμματισμό και την παρακολούθηση κατασκευαστικών έργων προσφέρει ουσιαστικά οφέλη. Στόχος της εργασίας ήταν να εξακριβώσει, μέσω της εφαρμογής σε μια μελέτη περίπτωσης πολυκατοικίας, πώς η χρήση ενός ενιαίου παραμετρικού μοντέλου (Autodesk Revit) σε συνδυασμό με εργαλεία χρονοπρογραμματισμού (ProjectLibre) και WBS, βελτιώνει την ακρίβεια του σχεδιασμού, την ορατότητα των διεργασιών και τον έλεγχο πόρων, μειώνοντας παράλληλα τις αστοχίες, και τις καθυστερήσεις.

Η πρώτη και κεντρική παρατήρηση είναι ότι το BIM μετατρέπει τον παραδοσιακό, αποσπασματικό τρόπο οργάνωσης σε μια ενιαία ψηφιακή ροή πληροφοριών. Στο παράδειγμα που αναπτύχθηκε, η παραμετρική σύνδεση των δομικών στοιχείων με επίπεδα και άξονες (Levels / Grid) διευκόλυνε την μοντελοποίηση και παρακολούθηση της κατασκευής των ορόφων του κτιρίου, επιτρέποντας την παρακολούθηση του έργου μέσα από το τρισδιάστατο μοντέλο της κατασκευής. Η δυνατότητα άμεσης ενημέρωσης όψεων, τομών και πινάκων από τις μεταβολές στο μοντέλο επιβεβαίωσε τη θεωρητική υπόθεση ότι το BIM βελτιώνει τη συνέπεια των σχεδίων.

Η τεχνική ακρίβεια της μεθοδολογίας αναδεικνύεται ιδιαίτερα στον σχεδιασμό του φέροντος οργανισμού, όπου η χρήση των Constraints (δεσμεύσεων) του Revit εξασφάλισε την απόλυτη ευθυγράμμιση των δομικών στοιχείων καθ' ύψος. Όπως αποτυπώθηκε σε αντίστοιχες εικόνες, οι αναμονές για την καθ' ύψος συνέχιση της δόμησης δεν αποτελούν απλώς γραφικές αναπαραστάσεις, αλλά παραμετρικά συνδεδεμένα στοιχεία που ακολουθούν πιστά τον δομικό κάρναβο και τις στάθμες (levels) των ορόφων. Αυτή η αυστηρή γεωμετρική πειθαρχία, που επιτυγχάνεται μέσω της σύνδεσης "Base" και "Top Constraints", μειώνει δραστικά την πιθανότητα εμφάνισης σφαλμάτων στο πεδίο, όπως οι αποκλίσεις στην κατακόρυφη ευθυγράμμιση υποστυλωμάτων, που αναφέρθηκαν στη θεωρία ως μία από τις κύριες αδυναμίες των συμβατικών μεθόδων που οδηγούν σε καθυστερήσεις και πρόσθετο κόστος

Ένα κρίσιμο σημείο υπεροχής της εφαρμογής που αναπτύχθηκε αφορά στην επίλυση των δομικών αδυναμιών της συμβατικής μεθόδου Design-Bid-Build, η οποία, όπως αναλύθηκε στην βιβλιογραφική ανασκόπηση, συχνά οδηγεί σε συγκρούσεις και αξιώσεις λόγω

ασαφειών στα συμβατικά τεύχη. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο περιβάλλον του Revit επέτρεψε την πλήρη αμφίδρομη ενημέρωση όλων των παραγόμενων στοιχείων, από τις κατόψεις και τις όψεις έως τους πίνακες ποσοτήτων. Αυτό διασφαλίζει ότι οποιαδήποτε αλλαγή στη γεωμετρική βάση του μοντέλου διαχέεται αυτόματα σε όλη την τεχνική τεκμηρίωση, εξαλείφοντας το φαινόμενο των αντικρουόμενων πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών σχεδίων. Με αυτόν τον τρόπο, η ενιαία ψηφιακή ροή πληροφοριών αίρει τον διαχωρισμό μεταξύ σχεδιασμού και εκτέλεσης που χαρακτηρίζει τις παραδοσιακές μεθόδους, μειώνοντας δραστικά την πιθανότητα σφαλμάτων στο πεδίο

Ένα από τα πλέον σημαντικά λειτουργικά οφέλη που προέκυψαν είναι η βελτίωση του προγραμματισμού μέσω της συσχέτισης 4D (χρόνος) με τα δομικά αντικείμενα του μοντέλου. Η σύνδεση των εργασιών του WBS (όπως αποτυπώθηκαν στον Πίνακα 4 της μελέτης) με αντίστοιχα στοιχειώδη στοιχεία του μοντέλου επέτρεψε την παραγωγή χρονοδιαγραμμάτων που αντικατοπτρίζουν οπτικά την πρόοδο στο χώρο και στο χρόνο, καθιστώντας τις κρίσιμες αλληλεξαρτήσεις άμεσα αντιληπτές στους διαχειριστές έργου και στους επιβλέποντες μηχανικούς.

Επιπλέον, ενώ η ανάλυση της κρίσιμης διαδρομής (CPM) που παρουσιάστηκε παρέχει την απαραίτητη μαθηματική τεκμηρίωση για τον χρονικό προγραμματισμό, η επικοινωνία αυτής της πληροφορίας στα συνεργεία θα ήταν εξαιρετικά δυσχερής μέσω μόνο των συμβατικών πινάκων. Η τρισδιάστατη υποστήριξη και η οπτικοποίηση της προόδου, όπως αυτή αποτυπώνεται στην εργασία, μετατρέπουν τα αφηρημένα δεδομένα του χρονοδιαγράμματος σε μια άμεσα κατανοητή χωρική πραγματικότητα. Με αυτόν τον τρόπο, οι εμπλεκόμενοι μπορούν να αντιληφθούν οπτικά πώς η έγκαιρη ολοκλήρωση δραστηριοτήτων που ανήκουν στην κρίσιμη διαδρομή, όπως οι φάσεις σκυροδέτησης και η διαχείριση των αναμονών ανά όροφο, επηρεάζει τη συνολική συνέχεια του έργου, μειώνοντας δραστικά την πιθανότητα παρερμηνειών που συχνά προκύπτουν από τη χρήση αποκλειστικά δισδιάστατων διαγραμμάτων Gantt ή στατικών πινάκων

Η πρόληψη συγκρούσεων (clash detection) και ο συντονισμός των εργασιών προέκυψαν ως ακόμα ένα μετρήσιμο όφελος. Αν και στην παρούσα εργασία αγνοήθηκαν τα ηλεκτρομηχανολογικά δίκτυα στις εικόνες παρουσίασης, η θεώρηση του BIM ως πλατφόρμα συντονισμού καθιστά προφανής την προστιθέμενη αξία όταν αυτά ενσωματώνονται όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφική ανασκόπηση: συγκρούσεις γεωμετρίας, επικαλύψεις αναμονών και άλλα ζητήματα μπορούν να εντοπιστούν στο

μοντέλο πριν φτάσουν στο πεδίο, μειώνοντας έτσι το κόστος επανόρθωσης και τις απώλειες χρόνου. Επιπλέον, η χρήση παραμετρικών κανόνων και ελέγχων ποιότητας στο BIM διευκόλυνε την τυποποίηση διεργασιών και την αυτοματοποίηση πολλαπλών ελέγχων που αλλιώς θα απαιτούσαν χειροκίνητη εργασία.

Σε ό,τι αφορά στην παρακολούθηση προόδου, το as-built updating του μοντέλου αποδείχθηκε καθοριστικό για την ποιότητα των παραδοτέων και την ιχνηλασιμότητα των αλλαγών. Η τακτική ενημέρωση του ψηφιακού μοντέλου με πραγματικά δεδομένα πεδίου καθιστά δυνατή την αξιολόγηση αποκλίσεων μεταξύ σχεδίου και κατασκευής, την καταγραφή των αιτιών απόκλισης και την τεκμηρίωση αποφάσεων για μελλοντικές επισκευές ή συντηρήσεις.

Παρά τα προφανή οφέλη, εν γένει η υιοθέτηση του BIM εμφανίζει στοιχεία που χρήζουν προσοχής και αναφέρονται συχνά και στην συναφή βιβλιογραφία. Πρώτον, η ανάγκη για κατάρτιση δεν περιορίζεται στην εκμάθηση εργαλείων λογισμικού, αλλά απαιτείται εκπαίδευση σε νέες διαδικασίες συνεργασίας, στην κατανόηση ροών εργασίας 4D/5D και στη διαχείριση δεδομένων. Χωρίς οργανωμένο πρόγραμμα εκμάθησης και αλλαγής κουλτούρας, η επένδυση σε λογισμικό μπορεί να οδηγήσει σε μερική ή ανεπαρκή αξιοποίηση των δυνατοτήτων του BIM. Δεύτερον, νομικά και συμβατικά ζητήματα όπως η ιδιοκτησία δεδομένων, οι ευθύνες για την εγκυρότητα του μοντέλου και τα πρωτόκολλα ανταλλαγής πληροφοριών πρέπει να διευκρινιστούν από την αρχή του έργου, ώστε να αποφευχθούν συγκρούσεις μεταξύ μελετητών, κατασκευαστών και ιδιοκτητών. Στην συναφή βιβλιογραφία που εξετάστηκε η συνδυαστική λειτουργία μεταξύ διαφορετικών εργαλείων δεν είναι πάντα βέλτιστη, γεγονός που σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να εισάγει επιπλέον δυσκολίες στην ροή πληροφοριών.

Σημαντική επίσης είναι η διαχείριση της αλλαγής: η μετάβαση από παραδοσιακές μεθόδους σε BIM-based διαδικασίες πρέπει να σχεδιαστεί σταδιακά με πιλοτικές εφαρμογές, σαφές σχέδιο ενσωμάτωσης και μετρικούς δείκτες απόδοσης που να επιτρέπουν την αξιολόγηση ωφελειών. Η μελέτη προτείνει συγκεκριμένα βήματα εφαρμογής: αρχικά πιλοτικά έργα περιορισμένου μεγέθους, καθορισμός προτύπων μοντελοποίησης, εκπαίδευση και σταδιακή επέκταση του πεδίου εφαρμογής σε 4D/5D/6D λειτουργίες. Η τελική επιτυχία εξαρτάται από τη δέσμευση και την ύπαρξη σαφών πολιτικών για τη διαχείριση δεδομένων.

Σε σχέση με τη μελλοντική έρευνα προτείνονται τα ακόλουθα. Πρώτο πεδίο έρευνας πρέπει να είναι η ποσοτικοποίηση κόστους–οφέλους σε πραγματικές συνθήκες. Χρειάζονται μακροχρόνιες, συγκριτικές μελέτες πολλαπλών έργων που να μετρούν με καθορισμένους δείκτες την επίδραση του BIM στη μείωση κόστους πόρων, στις αποκλίσεις κόστους, στην τήρηση χρονοδιαγραμμάτων και στην κατανάλωση υλικών. Τέτοιες μελέτες θα πρέπει να χρησιμοποιούν κοινούς δείκτες ώστε να είναι συγκρίσιμες μεταξύ έργων και φορέων και να επιτρέπουν στατιστική επαγωγή για την αποτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας σε διαφορετικές συνθήκες (κλίμακα έργου, τύπος έργου, γεωγραφική περιοχή).

Ένα δεύτερο, κρίσιμο πεδίο είναι η ενσωμάτωση των Η/Μ και υδραυλικών συστημάτων και των συστημάτων ενέργειας στο 4D/5D/6D πλαίσιο. Παρότι η παρούσα μελέτη απέφυγε αυτά, μελλοντική έρευνα πρέπει να διερευνήσει με αντίστοιχες εφαρμογές πώς η πλήρης ενσωμάτωση δομικών και Η/Μ/Υ στοιχείων επηρεάζει τον προγραμματισμό και την εκτέλεση, ειδικά ως προς την πρόληψη συγκρούσεων και την αποδοτικότητα εγκατάστασης.

Η διαλειτουργικότητα και τα πρότυπα αποτελούν τρίτο σημαντικό άξονα. Απαιτείται έρευνα που να συγκρίνει τις πρακτικές χρήσης διαφορετικών μορφότυπων ανταλλαγής (IFC, proprietary formats) και τα προβλήματα απώλειας δεδομένων, με στόχο την ανάπτυξη πρακτικών ελέγχου ποιότητας των ανταλλασσόμενων αρχείων. Εργασίες που θα αναπτύξουν, δοκιμάσουν και προτείνουν πρότυπα για BIM Execution Plans, σαφείς κανόνες μεταδεδομένων και επικυρωμένους ελέγχους IFC θα διευκολύνουν την απρόσκοπτη συνεργασία πολλαπλών εταιρών και θα μειώσουν το νομικό ρίσκο.

Η νομική διάσταση και τα συμβατικά πλαίσια είναι τέταρτο πεδίο. Χρειάζονται έρευνες που να αναλύουν θέματα ιδιοκτησίας δεδομένων, ευθύνης λανθασμένων στοιχείων μοντέλου, και νομικών ρητρών για αλλαγές και εντολές. Ένα πέμπτο σημαντικό θέμα είναι η αξιοποίηση τεχνολογιών ψηφιακής τεκμηρίωσης και αυτοματοποιημένης συλλογής προόδου. Drone photogrammetry, 3D laser scanning, φωτογραφική τεκμηρίωση με επεξεργασία εικόνας, και IoT αισθητήρες μπορούν να τροφοδοτήσουν το as-built μοντέλο με ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα. Ειδική έρευνα πρέπει να ασχοληθεί με την αλγοριθμική σύγκλιση μεταξύ πραγματικών σάρωσεων και παραμετρικών μοντέλων, την αυτοματοποίηση της ενημέρωσης του BIM από σαρές και την αξιολόγηση της ακρίβειας και του κόστους αυτών των μεθόδων στην καθημερινή παραγωγή έργου.

Σημαντική είναι επίσης η διερεύνηση της συνεισφοράς του BIM στη βιωσιμότητα και την κυκλική οικονομία των κατασκευών. Μελλοντικές μελέτες πρέπει να μετρήσουν απτά αποτελέσματα όπως η μείωση αποβλήτων, η εξοικονόμηση πρώτων υλών, και οι εκπομπές CO₂ κατά τη διάρκεια κατασκευής, συγκρίνοντας παραδοσιακές πρακτικές με BIM-βασισμένες μεθόδους.

Επίσης απαραίτητη είναι η έρευνα που θα εξετάσει την εφαρμογή BIM σε διαφορετικά μεγέθη και τύπους έργων ώστε να αποσαφηνιστεί πού η τεχνολογία φέρνει το μεγαλύτερο όφελος και ποιες τροποποιήσεις χρειάζονται για μικρότερους φορείς. Μελέτες συγκριτικής αναφορικής βάσης (benchmarking) και αναλύσεις κόστους κλίμακας θα παράσχουν πρακτική καθοδήγηση.

Βιβλιογραφία

- Ahmed, S. (2018). Barriers to implementation of Building Information Modeling (BIM) to the construction industry: A review. *Journal of Civil Engineering and Construction*, 7(2), 107. <https://doi.org/10.32732/jcec.2018.7.2.107>
- Alreshidi, E., Mourshed, M., & Rezgui, Y. (2017). Factors for effective BIM governance. *Journal of Building Engineering*, 10, 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.02.006>
- Aouad, G., Wu, S., & Lee, A. (2006). nDimensional modeling technology: Past, present and future. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 20(3), 151–153. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2006\)20:3\(151\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2006)20:3(151))
- Ashworth, A., & Perera, S. (2013). *Cost studies of buildings* (5th ed.). Routledge.
- Associated General Contractors (AGC). (2006). *The contractors' guide to BIM* (1st ed.). Las Vegas: AGC.
- Autodesk. (2002). *Building information modelling, white paper*. Διαθέσιμο στο: https://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_bim.pdf (Πρόσβαση 2ος 2026)
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15–28. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>
- Barnes, P. T., & Davies, N. (2014). *BIM in principle and practice*. ICE Publishing.
- Bew, M., & Richards, M. (2008). *Bew-Richards BIM Maturity Model, CPIC, 2007*. Avanti—Report from The Construction Research Programme—Project Showcase.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- Celoza, A., de Oliveira, D. P., & Leite, F. (2023). Role of BIM contract practices in stakeholder BIM implementation on AEC projects. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 15(2), 04523002. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-948>

- Chong, O. W., & Zhang, J. (2021). Logic representation and reasoning for automated BIM analysis to support automation in offsite construction. *Automation in Construction*, 129, 103756. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103756>
- Computer Integrated Construction research group (CIC). (2010). *Building information modelling execution planning guide*. The Pennsylvania State University. <https://bim.psu.edu/downloads/>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd ed.). Wiley.
- Figueiredo, K., Pierott, R., Hammad, A. W., & Haddad, A. (2021). Sustainable material choice for construction projects: A Life Cycle Sustainability Assessment framework based on BIM and Fuzzy-AHP. *Building and Environment*, 196, 107805. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107805>
- Gabbar, H. A., Othman, A. M., & Abdussami, M. R. (2021). Review of battery management systems (BMS) development and industrial standards. *Technologies*, 9(2), 28. <https://doi.org/10.3390/technologies9020028>
- Gartoumi, K. I., Zaki, S., & Aboussaleh, M. (2023). Building information modelling (BIM) interoperability for architecture and engineering (AE) of the structural project: A case study. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.411>
- Girardet, A., & Botton, C. (2021). A parametric BIM approach to foster bridge project design and analysis. *Automation in Construction*, 126, 103679. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103679>
- Howell, I., & Batcheler B. (2004). *Building information modelling two years later – Huge potential, some success and several limitations*. Διαθέσιμο στο: http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf (Πρόσβαση 2ος 2026)
- Jacobsson, M., & Merschbrock, C. (2018). BIM coordinators: A review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(8), 989–1008. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2017-0050>
- Jernigan, F. (2007). *Big BIM little bim*. Salisbury, MD: 4Site Press.

- Joo, M., & Jung, Y. (2011). Building Information Modelling (BIM) a framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20(2), 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.009>
- Karamoozian, M., & Zhang, H. (2025). Pushing the boundaries of prefabricated shell building design with building information modeling (BIM) and ultra-high performance concrete (UHPC). *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2023-1188>
- Khaleel, A., & Naimi, S. (2022). Automation of cost control process in construction project building information modeling (BIM). *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 10(6), 28–38. <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v10i6.3312>
- Li, X., Wang, C., & Alashwal, A. (2021). Case study on BIM and value engineering integration for construction cost control. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 8849303. <https://doi.org/10.1155/2021/8849303>
- London, K., & Gu, N. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, 19(2), 188–199. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.006>
- Lu, N., & Korman, T. (2010). Implementation of Building Information Modelling in Modular Construction: Benefits and Challenges. *Proceedings of the 2010 Construction Research Congress*, 1136–1145. [https://doi.org/10.1061/41109\(373\)114](https://doi.org/10.1061/41109(373)114)
- Ma, X., Xiong, F., Olawumi, T. O., Dong, N., & Chan, A. P. (2018). Conceptual framework and roadmap approach for integrating BIM into lifecycle project management. *Journal of Management in Engineering*, 34(6), 05018011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000647](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000647)
- Maltese, S., Tagliabue, L. C., Cecconi, F. R., Pasini, D., Manfren, M., & Ciribini, A. L. (2017). Sustainability assessment through green BIM for environmental, social and economic efficiency. *Procedia Engineering*, 180, 520–530. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.211>
- Mehrbod, S., Staub-French, S., Mahyar, N., & Tory, M. (2019). Beyond the clash: Investigating BIM-based building design coordination issue representation and

- resolution. *Journal of Information Technology in Construction*, 24, 33–57.
<https://doi.org/10.36680/j.itcon.2019.003>
- Mostafa, S., Kim, K. P., Tam, V. W. Y., & Rahnamayiezekavat, P. (2018). Exploring the status, benefits, barriers and opportunities of using BIM for advancing prefabrication practice. *International Journal of Construction Management*, 20(2), 146–156. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1459153>
- Østergård, T., Jensen, R. L., & Maagaard, S. E. (2016). Building simulations supporting decision making in early design—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 187–201. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.045>
- Park, J., & Cai, H. (2017). WBS-based dynamic multi-dimensional BIM database for total construction as-built documentation. *Automation in Construction*, 77, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.021>
- Peterson, F., Hartmann, T., Fruchter, R., & Fischer, M. (2011). Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned. *Automation in Construction*, 20(2), 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.009>
- RIBA. (2012). *BIM overlay to the RIBA plan of work*. Διαθέσιμο στο: https://mono.eik.bme.hu/~zrostas/assets/files/CPM_RIBAOutlinePlanofWork_BIMOverlay.pdf (Πρόσβαση 2ος 2026)
- Sepasgozar, S. M., Costin, A. M., Karimi, R., Shirowzhan, S., Abbasian, E., & Li, J. (2022). BIM and digital tools for state-of-the-art construction cost management. *Buildings*, 12(4), 396. <https://doi.org/10.3390/buildings12040396>
- Shaaban, K., & Nadeem, A. (2015). Professionals' perception towards using building information modelling (BIM) in the highway and infrastructure projects. *International Journal of Engineering Management and Economics*, 5(3-4), 273–289. <https://doi.org/10.1504/IJEME.2015.071661>
- Shaqour, E. N. (2022). The role of implementing BIM applications in enhancing project management knowledge areas in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(1), 101509. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.05.014>

- Stowe, K., Zhang, S., Teizer, J., & Jaselskis, E. J. (2014). Capturing the return on investment of all-in building information modeling: Structured approach. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 20(1), 04014027. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000221](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000221)
- Succar, B. (2008). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.09.013>
- Tran, H. V. V., & Nguyen, T. A. (2024). A review of challenges and opportunities in BIM adoption for construction project management. *Engineering Journal*, 28(8), 79–98. <https://doi.org/10.4186/ej.2024.28.8.79>
- Underwood, J., & Isikdag, U. (2011). Emerging technologies for BIM 2.0. *Construction Innovation*, 11(3), 252–258. <https://doi.org/10.1108/14714171111149016>
- Wang, T., & Chen, H. M. (2023). Integration of building information modeling and project management in construction project life cycle. *Automation in Construction*, 150, 104832. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104832>
- Zhang, H. M., Chong, H. Y., Zeng, Y., & Zhang, W. (2023). The effective mediating role of stakeholder management in the relationship between BIM implementation and project performance. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(6), 2503–2522. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2021-0282>
- Zhao, P. A., & Wang, C. C. (2014). A comparison of using traditional cost estimating software and BIM for construction cost control. *ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology*, 256–264. <https://doi.org/10.1061/9780784413777.031>
- Zuppa, D., Raja, R., Issa, A., & Suermann, P. C. (2009). BIM's impact on the success measures of construction projects. *Computing in Civil Engineering*, 503–512. [https://doi.org/10.1061/41052\(346\)51](https://doi.org/10.1061/41052(346)51)