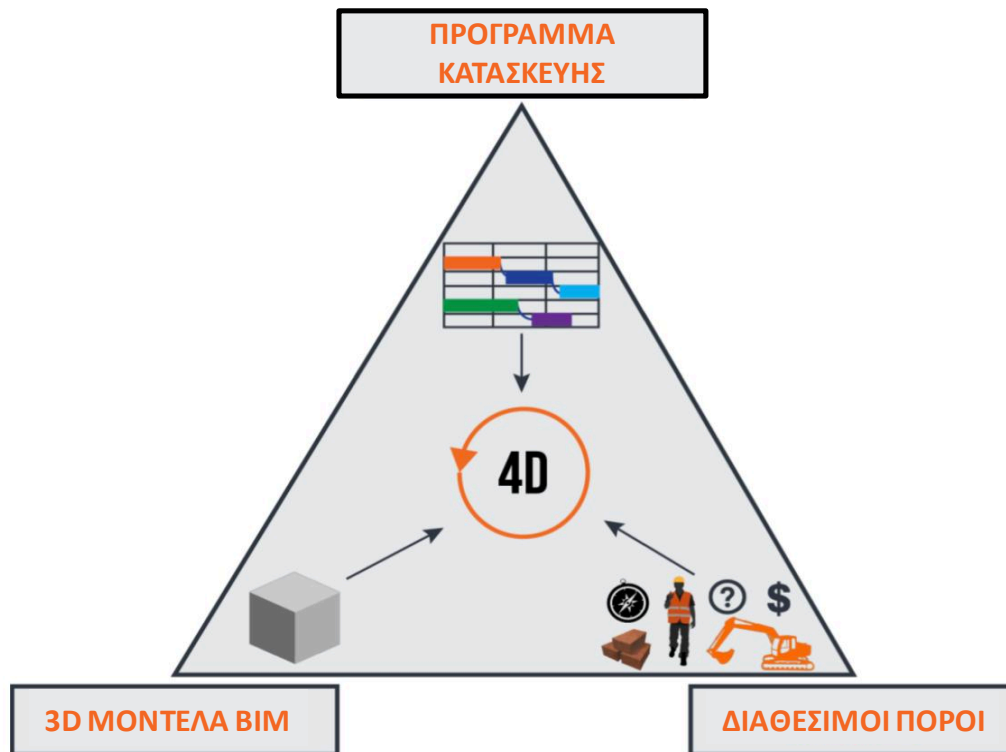




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό
Τεχνικών Έργων (4D modeling)**



Γκένα Ευαγγελία

Επίβλεψη: Λαγαρός Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής

Εποπτεία: Τουλιάτος Δημοσθένης, Επιστημονικός Συνεργάτης

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό
προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D modeling)**

Διπλωματική Εργασία

Γκένα Ευαγγελία

**Επίβλεψη: Λαγαρός Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής
Επόπτης: Τουλιάτος Δημοσθένης, Επιστημονικός Συνεργάτης**

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον Επιστημονικό Συνεργάτη του Τομέα Προγραμματισμού και Διαχείρισης Τεχνικών Έργων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου κύριο Δημοσθένη Τουλιάτο για την άψογη συνεργασία αλλά και για τη βοήθεια, την καθοδήγηση και το υλικό που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς και για την τελική επιμέλεια των κειμένων.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Δρ. Λαγαρό Νικόλαο για την αποδοχή εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας με την δική του επίβλεψη.

Η παρούσα εργασία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την εξασφάλιση εκπαιδευτικών αδειών των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν για την πρακτική εφαρμογή. Για το λόγο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τους οίκους Elecosoft και Synchro Ltd για την παροχή των εκπαιδευτικών αδειών και την υποστήριξή τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για όσα μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, τους φίλους μου για την κατανόηση και την υποστήριξη και πιο πολύ την αδερφή μου Βασιλική Γκένα για τις πολύτιμες συμβουλές και τη βοήθειά της.

Εφαρμογή της Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση της τεχνολογίας Building Information Modeling (BIM) ή αλλιώς Πληροφοριακού Ομοιώματος Έργου (ΠΟΕ) και η εφαρμογή του στον χρονικό προγραμματισμό τεχνικών έργων (4D Modeling)

Το BIM είναι μία νέα τεχνολογία η οποία μεταμορφώνει τον τρόπο υλοποίησης των τεχνικών έργων εισάγοντας τον κλάδο των κατασκευών στην ψηφιακή εποχή. Ένα ψηφιακό μοντέλο βασισμένο στην τεχνολογία BIM αποτελεί μία κοινά προσβάσιμη πηγή πληροφοριών η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται ως μία αξιόπιστη βάση για τη λήψη αποφάσεων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, από την προκαταρκτική σχεδίαση μέχρι και την καθαίρεσή του.

Στο πρώτο μέρος της διπλωματικής εργασίας έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση προκειμένου να ερευνηθούν τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας BIM, τα πρότυπα της διαλειτουργικότητας και η έκταση της χρήσης του BIM σε όλο τον κόσμο, σε εκπαιδευτικό και επαγγελματικό επίπεδο. Επιπλέον, περιγράφεται η διαδικασία του 4D χρονικού προγραμματισμού (4D Modeling) με τη βοήθεια της τεχνολογίας BIM και τονίζονται τα οφέλη της στη διαχείριση των τεχνικών έργων, μέσα από τη σύγκριση με την παραδοσιακή διαδικασία.

Για την αναλυτική παρουσίαση της εφαρμογής της νέας αυτής προσέγγισης του 4D χρονικού προγραμματισμού, πραγματοποιείται πρακτική εφαρμογή σε συγκεκριμένο έργο μέσω εξειδικευμένου λογισμικού και πιο συγκεκριμένα μέσω του Asta Powerproject BIM. Μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής, ακολουθεί συγκριτική παρουσίαση των σχετικών λειτουργιών και δυνατοτήτων που προσφέρει το Asta Powerproject BIM και το ανταγωνιστικό λογισμικό Synchro Pro. Για τη χρήση των δύο προαναφερθέντων λογισμικών εξασφαλίστηκαν οι αντίστοιχες εκπαιδευτικές άδειες.

Στην επόμενη ενότητα της εργασίας, έχοντας αναδείξει τα βασικά πλεονεκτήματα που προσφέρει ο 4D χρονικός προγραμματισμός ή αλλιώς 4D κατασκευαστικός σχεδιασμός και προγραμματισμός, γίνεται συνοπτική παράθεση των προδιαγραφών εφαρμογής του από τις αναθέτουσες αρχές και καταγραφή απαιτήσεων και παραδοτέων σε όλα τα στάδια ανάπτυξης της κατασκευής, από την προμελέτη μέχρι και την εκτέλεση των εργασιών.

Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την διπλωματική εργασία, σχετικά με τα οφέλη από τη χρήση της τεχνολογίας BIM στον τομέα των κατασκευών και κάποιες προτάσεις για τη διάδοση και την εφαρμογή του BIM και στην Ελλάδα.

ABSTRACT

The subject of this thesis is the presentation of Building Information Modeling and the study of project scheduling (4D Modeling) with the use of BIM in a building project.

BIM is a new technology that changes the construction process, entering the construction industry in the digital age. A digital model based on BIM technology is a commonly accessible source of information that can be used as a reliable basis for decision making throughout the project life-cycle, from the preliminary design to demolition.

In the first part of this dissertation, a thorough literature review was conducted in order to indicate the key advantages of BIM methodology, to elaborate the concept of interoperability and to present the wide use of BIM worldwide. Moreover, the 4D BIM Modeling process is described, highlighting the benefits for the management of construction projects, through visual comparison with the traditional process.

In addition, a case study was carried out, presenting the procedure of the new approach of 4D Construction Planning and Scheduling through the use of specialized BIM software and particularly of Asta Powerproject BIM. After the completion of the case study, a comparative presentation is developed between Asta Powerproject BIM and Synchro Pro regarding their basic features and capabilities. For the use of the above softwares, free educational licenses were granted by the above mentioned companies.

In the next section of the dissertation, having already explained the aspects of the 4D Construction Planning and Scheduling, a set of specification requirements is presented in order to guide the contracting authorities who plan to conduct this fourth dimension process on a project and to offer a description of submissions and deliverables during all the stages of the construction process.

In conclusion. BIM can benefit the Architecture, Engineering and Construction Industry and it is necessary to introduce this new technology in Greece, provided that some initiatives are taken by the Greek governance and Universities.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ & ΕΙΚΟΝΩΝ

Κεφάλαιο 2^ο

- Εικ. 2.1: Η χρήση της τεχνολογίας BIM σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου
- Εικ. 2.2: Σχηματική απεικόνιση της σχέσης του BIM με το VDC
- Εικ. 2.3: Απόκλιση στο χρόνο κατασκευής με τις συνήθεις μεθόδους σχεδιασμού και διαχείρισης κατασκευής
- Εικ. 2.4: Απόκλιση στο κόστος κατασκευής με τις συνήθεις μεθόδους σχεδιασμού και διαχείρισης της κατασκευής
- Εικ. 2.5: Διαφορά έξυπνου αντικειμένου από το σχέδιο 2D και 3D
- Εικ. 2.6: Εξοικονόμηση χρόνου κατά τον σχεδιασμό με χρήση της τεχνολογίας BIM σε σχέση με τις τεχνικές CAD
- Εικ. 2.7: Τα έξυπνα αντικείμενα που συνθέτουν ένα μοντέλο BIM
- Εικ. 2.8: Η βιβλιοθήκη έξυπνων αντικειμένων National BIM Library στο Ηνωμένο Βασίλειο
- Εικ. 2.9: Ανίχνευση ασυμβατοτήτων κατά το σχεδιασμό
- Εικ. 2.10: Συνεργασία των ομάδων μελέτης του έργου σε περιβάλλον BIM
- Εικ. 2.11: Οι ειδικότητες που συμμετέχουν στο σχεδιασμό και την κατασκευή ενός έργου
- Εικ. 2.12: Αποτελέσματα από την έρευνα της McGraw Hill Construction
- Εικ. 2.13: Αποτελέσματα έρευνας μέτρησης ATE(ROI) σχετικά με τα οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM
- Εικ. 2.14: Το Aquarium Hilton Garden Inn
- Εικ. 2.15: Το στατικό και το ηλεκτρομηχανολογικό μοντέλο του Aquarium Hilton Garden Inn
- Εικ. 2.16: Οι τρεις εναλλακτικές λύσεις για το Savannah State University που αξιολογήθηκαν με τη χρήση της τεχνολογίας BIM σε επίπεδο προμελέτης και αυτή που τελικά συγκρατήθηκε

Κεφάλαιο 3^ο

- Εικ. 3.1: Διάφορες μορφές αρχείων που χρησιμοποιούνται κατά την μελέτη ενός έργου
- Εικ. 3.2: Οι διαδοχικές εκδόσεις του προτύπου IFC
- Εικ. 3.3: Η χρήση του προτύπου IFC για διάφορες εφαρμογές
- Εικ. 3.4: Το πρότυπο IFC επιτρέπει τη συναρμογή των μοντέλων των επιμέρους μελετών του έργου σε ένα ενιαίο μοντέλο για το συνολικό έργο
- Εικ. 3.5: Το εύρος των πληροφοριών στη ζήη ενός έργου που καλύπτονται με το πρότυπο COBie
- Εικ. 3.6: Πληροφορίες του έργου σε υπολογιστικό φύλλο Exce κωδικοποιημένες κατά το πρότυπο COBie
- Εικ. 3.7: Οι διάφορες εφαρμογές διαλειτουργικού λογισμικού BIM σε όλο τον κύκλο ζωής ενός έργου
- Εικ. 3.8: Το πεδία εφαρμογής της τεχνολογίας BIM και η κωδικοποίησή τους

Εφαρμογή της Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Κεφάλαιο 4^ο

- Εικ. 4.1: Ποσοστό εφαρμογής του BIM στον κατασκευαστικό τομέα ανά χώρα
- Εικ. 4.2: Κατασκευαστικές εταιρίες που χρησιμοποιούν το BIM τα τελευταία 1-15 χρόνια
- Εικ. 4.3: Ποσοστό εφαρμογής του BIM από κατασκευαστικές εταιρίες σε κάθε χώρα ανάλογα με το είδος του έργου
- Εικ. 4.4: Τα επίπεδα ανάπτυξης (ή ωριμότητας) της τεχνολογίας BIM
- Εικ. 4.5: Οι χώρες με νομοθετημένη υποχρέωση χρήσης του BIM για το δημόσια έργα
- Εικ. 4.6: Από την ιστοσελίδα του GSA
- Εικ. 4.7: Χώρες όπου η εφαρμογή του BIM προωθείται με εθνικές οδηγίες και πρότυπα
- Εικ. 4.8: Από την επίσημη ιστοσελίδα του EU BIM Task Group
- Εικ. 4.9: Ο στόχος του EU BIM Task Group: η πλήρης ψηφιοποίηση των διαδικασιών υλοποίησης τεχνικών έργων
- Εικ. 4.10: Το λογότυπο από την επίσημη ιστοσελίδα του buildingSMART
- Εικ. 4.11: Μεταπτυχιακά προγράμματα από τις ιστοσελίδες των πανεπιστημίων
- Εικ. 4.12: Τα πρότυπα έγγραφα και οι οδηγοί που προσφέρει ο NATSPEC
- Εικ. 4.13: Λογότυπο πανεπιστημίου
- Εικ. 4.14: Από την ιστοσελίδα της ένωσης China BIM Union
- Εικ. 4.15: Το εξώφυλλο του COBim
- Εικ. 4.16: Από την ιστοσελίδα του BuildingSMART της Νορβηγίας
- Εικ. 4.17: Τα σχέδια διδασκαλίας του BuildingSMART Norway
- Εικ. 4.18: Ενημέρωση για προπτυχιακές σπουδές στην τεχνολογία BIM
- Εικ. 4.19: Από την ιστοσελίδα www.bimsg.org
- Εικ. 4.20: Από την ιστοσελίδα buildingSmart του Καναδά

Κεφάλαιο 5^ο

- Εικ. 5.1: Σχηματική απεικόνιση του 4D χρονικού προγραμματισμού
- Εικ. 5.2: Παράδειγμα 4D χρονικού προγραμματισμού με το λογισμικό Synchro Pro
- Εικ. 5.3: Η διαδικασία του 4D χρονικού προγραμματισμού από το σχεδιασμό μέχρι την παράδοση του έργου
- Εικ. 5.4: Η σύνδεση χρονοδιαγράμματος με το 3D μοντέλο του έργου στην περίπτωση του 4D χρονικού προγραμματισμού
- Εικ. 5.5: Σύγκριση προγραμματισμένης και πραγματικής προόδου έργου τόσο ως προς το χρόνο όσο και ως προς την φυσική εικόνα του έργου
- Εικ. 5.6: Χρήση της κινητής τηλεφωνίας για παρακολούθηση της προόδου του έργου
- Εικ. 5.7: Η υποστήριξη εργοταξιακών συσκέψεων με τον 4D προγραμματισμό σε σχέση με την παραδοσιακή διαδικασία
- Εικ. 5.8: Η νέα προσέγγιση στη διαχείριση των τεχνικών έργων με τον 4D προγραμματισμό

Εφαρμογή της Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό TE (4D Modeling)

Κεφάλαιο 6^ο

- Εικ. 6.1: Από την ιστοσελίδα της Elecosoft
- Εικ. 6.2: Από την ιστοσελίδα του Asta Powerproject
- Εικ. 6.3: Το λογισμικό που παρέχει η Elecosoft
- Εικ. 6.4: Το London Eye κατά την κατασκευή και ολοκληρωμένο
- Εικ. 6.5: Ο πύργος Shard στο Λονδίνο
- Εικ. 6.6: Το περιβάλλον εργασίας του Asta Powerproject BIM
- Εικ. 6.7: Φύλαξη αρχείων του Asta Powerproject BIM με άλλη μορφή αναγνώσιμη και από άλλα λογισμικά
- Εικ. 6.8: Η αρχική οθόνη του Asta Powerproject BIM για τη δημιουργία νέου έργου
- Εικ. 6.9: Το βασικό περιβάλλον εργασίας του Asta Powerproject BIM
- Εικ. 6.10: Η περιοχή Project view
- Εικ. 6.11: Η περιοχή Spreadsheet
- Εικ. 6.12: Η περιοχή Bar chart
- Εικ. 6.13: Η περιοχή Ribbon
- Εικ. 6.14: Η περιοχή Properties view
- Εικ. 6.15: Δημιουργία νέου έργου
- Εικ. 6.16: Η αρχική οθόνη του προγράμματος
- Εικ. 6.17: Αναζήτηση και ανάγνωση αρχείου IFC με το 3D μοντέλο του έργου
- Εικ. 6.18: Αναζήτηση αρχείου IFC από το διαδίκτυο
- Εικ. 6.19: Εμφάνιση του 3D μοντέλου του έργου στην οθόνη του χρονικού προγραμματισμού
- Εικ. 6.20: Η επιλογή Selection mode
- Εικ. 6.21: Η επιλογή IFC Properties Panel
- Εικ. 6.22: Η εμφάνιση της καρτέλας IFC Properties
- Εικ. 6.23: Διαίρεση ενός αντικειμένου σε περισσότερα στοιχεία
- Εικ. 6.24: Εμφάνιση του τρόπου διαίρεσης ενός αντικειμένου σε περισσότερα στοιχεία
- Εικ. 6.25: Η επιλογή συνόλου αντικειμένων για την εφαρμογή της εντολής “Set product build orders”
- Εικ. 6.26: Συγχρονισμός (ή συναρμογή) αρχιτεκτονικού, στατικού και μηχανολογικού μοντέλου
- Εικ. 6.27: Το συγχρονισμένο 3D μοντέλο έργου που χρησιμοποιήθηκε για το χρονικό προγραμματισμό
- Εικ. 6.28: Δημιουργία δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος με τη διαδικασία του Drag and Drop
- Εικ. 6.29: Το εργαλείο αναζήτησης IFC αντικειμένων στο 3D μοντέλο του έργου
- Εικ. 6.30: Κριτήρια αναζήτησης και ομαδοποίησης αντικειμένων του μοντέλου για την ομάδα «θεμελίωση»
- Εικ. 6.31: Εντοπισμός και ομαδοποίηση αντικειμένων του μοντέλου της ομάδας «θεμελίωση»
- Εικ. 6.32: Η ιεραρχική ανάλυση του 3D μοντέλου του έργου
- Εικ. 6.33: Το σκαρίφημα του έργου
- Εικ. 6.34: Τελική ανάπτυξη και διάρθρωση των δραστηριοτήτων του έργου
- Εικ. 6.35: Απόσπασμα από το χρονοδιάγραμμα του έργου
- Εικ. 6.36: Το χρονοδιάγραμμα σε συνδυασμό με το 3D μοντέλου

Εικ. 6.37: Κατάλογος επιλογών για την εκτύπωση αποτελεσμάτων

Κεφάλαιο 7^ο

- Εικ. 7.1: Το λογότυπο της Synchro Software Ltd
- Εικ. 7.2: Τα προϊόντα της Synchro Ltd όπως παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα της
- Εικ. 7.3: Το περιβάλλον εργασίας του Synchro Pro
- Εικ. 7.4: Αρχεία 3D μοντέλων BIM που διαβάζουν τα 2 λογισμικά
- Εικ. 7.5: Αρχεία 3D μοντέλων BIM που εξάγονται από τα 2 λογισμικά
- Εικ. 7.6: Η διαίρεση αντικειμένων του 3D BIM μοντέλου από τα 2 λογισμικά
- Εικ. 7.7: Δυνατότητες τομών του 3D BIM μοντέλου με το Synchro Pro
- Εικ. 7.8: Δυνατότητες τομών του 3D BIM μοντέλου με το Synchro Pro
- Εικ. 7.9: Δυνατότητα δημιουργίας νέων 3D αντικειμένων με το Synchro Pro
- Εικ. 7.10: Δυνατότητα τροποποίησης και μετακίνησης αντικειμένων
- Εικ. 7.11a: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου
- Εικ. 7.11b: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου
- Εικ. 7.11c: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου
- Εικ. 7.11d: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου
- Εικ. 7.12: Δυνατότητα επισημάνσεων και σημειώσεων με το Synchro Pro
- Εικ. 7.13a: Οι λειτουργίες εικονικής αναπαράστασης στο Asta Powerproject BIM
- Εικ. 7.13b: Οι λειτουργίες εικονικής αναπαράστασης στο Synchro Pro
- Εικ. 7.14: Η ποιότητα της γραφικής απεικόνισης στα δύο λογισμικά

Κεφάλαιο 9^ο

- Εικ. 9.1: Ο ρόλος του BIM Manager
- Εικ. 9.2: Μερικές από τις χώρες μέλη του BuildingSMART International

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ & ΕΙΚΟΝΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	
1.1 Αντικείμενο της Διπλωματικής εργασίας.....	1
1.2 Σκοπός της Διπλωματικής εργασίας	1
1.2 Τρόπος εργασίας.....	2
1.3 Δομή της Διπλωματικής εργασίας	3
2. Εισαγωγή στην τεχνολογία BIM	
2.1 Εισαγωγή στην έννοια VDC (Εικονική Σχεδίαση & Κατασκευή)	6
2.2 Εισαγωγή στην έννοια BIM (Πληροφοριακό Ομοίωμα Έργου)	7
2.3 Ποια είναι η σχέση του BIM με το VDC	9
2.4 Τα οφέλη του BIM στο σχεδιασμό των τεχνικών έργων.....	11
2.4.1 Αξιοποίηση δεδομένων	13
2.4.2 Ανίχνευση προβλημάτων συμβατότητας – Clash Detection	14
2.5 Οφέλη του BIM στη συνεργασία και την επικοινωνία των ομάδων του έργου.....	15
2.6 Οφέλη του BIM για τους μελετητές και τους κατασκευαστές.....	16
2.7 Επιχειρηματικά οφέλη του BIM	17
2.8 Η ανταποδοτικότητα της επένδυσης στην τεχνολογία BIM	19
2.9 Άλλες μελέτες περιπτώσεων (Case studies)	20
3. Η έννοια της διαλειτουργικότητας	
3.1 Ορισμός της διαλειτουργικότητας.....	24
3.1.2 Πρότυπα διαλειτουργικότητας	24
3.2 Το πρότυπο IFC (Industry Foundation Classes)	25
3.3 Το πρότυπο COBie (Construction-Operations Building Information Exchange) .	28
3.4 Διαλειτουργικό λογισμικό που υποστηρίζει η τεχνολογία BIM	30
3.5 Πεδία εφαρμογής της τεχνολογίας BIM	32

Εφαρμογή της Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

4.	Εκπαίδευση και χρήση του BIM ανά τον κόσμο	
4.1	Η ευρεία χρήση του BIM και η ανάγκη εισαγωγής στην εκπαίδευση	33
4.2	Η εφαρμογή του BIM διεθνώς	34
4.2.1	Πολιτικές προώθησης της υιοθέτησης του BIM	37
4.2.1.1	Ηνωμένο Βασίλειο	37
4.2.1.2	Υπόλοιπες χώρες	38
4.2.2	Πρωτόκολλα και Οδηγίες διεθνών οργανισμών	39
4.3	Εκπαίδευση στην τεχνολογία BIM σε διάφορες χώρες	42
5.	Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός	
5.1	Ορισμός του 4D κατασκευαστικού σχεδιασμού - 4D modeling	51
5.2	Διαφορές του 4D προγραμματισμού με την παραδοσιακή διαδικασία χρονικού προγραμματισμού	56
5.2.1	Εισαγωγή 3D μοντέλου	56
5.2.2	Ανάλυση έργου σε δραστηριότητες	56
5.2.3	Παρακολούθηση της προόδου	57
5.2.4	Χρήση της κινητής τηλεφωνίας για παρακολούθηση της προόδου του έργου	58
5.2.5	Συντονιστικές συσκέψεις ομάδας έργου	58
5.2.6	Αναφορές προόδου και παραδοτέα	59
5.2.7	Νέα προσέγγιση στη διαχείριση των τεχνικών έργων	59
5.3	Σύνοψη των βασικών χαρακτηριστικών του 4D χρονικού προγραμματισμού	60
6.	Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM	
6.1	Το λογισμικό Asta Powerproject	61
6.1.1	Asta Powerproject BIM	61
6.1.2	Ιστορική εξέλιξη	63
6.1.3	Γιατί το Asta Powerproject BIM	66
6.1.4	Συνοπτική περιγραφή των βασικών λειτουργιών του Asta Powerproject BIM	66
6.1.5	Περιγραφή του περιβάλλοντος εργασίας και των λειτουργιών του προγράμματος	68
6.2	Βασικές λειτουργίες και εντολές χρονικού προγραμματισμού	72
6.2.1	Ιδιότητες και πληροφορίες των έξυπνων αντικειμένων του μοντέλου	75
6.2.2	Διαίρεση αντικειμένου	76
6.2.3	Συναρμογή IFC μοντέλων επιμέρους μελετών	78
6.3	Η μελέτη χρονικού προγραμματισμού	79
6.3.1	Δημιουργία δραστηριοτήτων και σύνδεσή τους με αντικείμενα του μοντέλου	79
6.3.2	Εξαγωγή αποτελεσμάτων	85

Εφαρμογή της Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

7.	Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM	
7.1	Ιστορική αναδρομή	87
7.2	Το λογισμικό Synchro Professional.....	88
7.3	Σύγκριση του Synchro Pro με το Asta Powerproject BIM	89
7.3.1	Μορφότυποι αρχείων που αναγνωρίζονται για την εισαγωγή 3D μοντέλου	90
7.3.2	Μορφότυποι αρχείων εξαγωγής του μοντέλου	90
7.3.3	Διαίρεση αντικειμένων	91
7.3.4	Επίπεδες τομές του 3D μοντέλου.....	92
7.3.5	Δημιουργία νέων 3D ψηφιακών αντικειμένων	93
7.3.6	Τροποποίηση και μετακίνηση των 3D αντικειμένων	93
7.3.7	Προσθήκη εργοταξιακού εξοπλισμού και μηχανημάτων.....	94
7.3.8	Εισαγωγή επισημάνσεων και σημειώσεων	96
7.3.9	Έλεγχος κατασκευασιμότητας με εικονική αναπαράσταση τους κατασκευής	96
7.3.10	Ποιότητα γραφικών	98
8.	Προδιαγραφές για την εφαρμογή 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων	
8.1	Οφέλη για τις αναθέτουσες αρχές	99
8.2	Προδιαγραφές 4D κατασκευαστικού σχεδιασμού και προγραμματισμού.....	100
8.2.1	Γενικές απαιτήσεις	100
8.2.2	Τα στοιχεία του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού	101
8.2.3	Παραδοτέα 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού.....	103
8.3	Τα στάδια ανάπτυξης 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού	103
9.	Συμπεράσματα-Προτάσεις	
9.1	Συμπεράσματα	105
9.2	Προτάσεις.....	107
10.	Αναφορές – Πηγές - Έρευνα πεδίου	
10.1	Αναφορές	110
10.2	Πηγές.....	115
10.3	Έρευνα πεδίου	117

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α	Διεθνής ορολογία BIM (Glossary of Terms)
Παράρτημα Β	Στοιχεία του 4D χρονικού προγραμματισμού
Παράρτημα Γ	Αρχεία Διπλωματικής εργασίας σε CD

Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή

Σύνοψη:

Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο διατυπώνεται το αντικείμενο που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία, παρουσιάζεται ο σκοπός της και περιγράφεται ο τρόπος εργασίας που ακολουθήθηκε για την εκπόνησή της. Τέλος δίνεται ένα συνοπτικό περίγραμμα της δομής της και του περιεχομένου κάθε κεφαλαίου.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Τα τελευταία χρόνια η αύξηση της πολυπλοκότητας των τεχνικών έργων και οι υψηλές απαιτήσεις για τη διαχείρισή τους με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κίνδυνοι αστοχίας ως προς την ποιότητα το κόστος και τον χρόνο κατασκευής, οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων μεθόδων και τεχνολογιών που αξιοποιούν πλήρως τις σύγχρονες δυνατότητες των επικοινωνιών, της πληροφορικής και της διαχείρισης μεγάλου όγκου, σύνθετων και συχνά μεταβαλλόμενων δεδομένων (Big Data) μέσω του διαδικτύου.

Το Building Information Modeling (BIM) ή αλλιώς Πληροφοριακό Ομοίωμα Έργου (ΠΟΕ) είναι μία νέα τεχνολογία, που αναπτύχθηκε τα τελευταία 20 χρόνια και η οποία μεταμορφώνει τον τρόπο υλοποίησης των τεχνικών έργων εισάγοντας τον κλάδο των κατασκευών στην ψηφιακή εποχή.

Ένα από τα πεδία τα οποία μεταμορφώνονται με την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM, και το οποίο επιλέχθηκε ως αντικείμενο της παρούσας εργασίας, είναι και αυτό του χρονικού προγραμματισμού των τεχνικών έργων.

1.2 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε προσπάθεια να καλυφθούν τα ακόλουθα επιμέρους θέματα:

- Η περιγραφή του τρόπου εφαρμογής της τεχνολογίας BIM για το χρονικό προγραμματισμό των τεχνικών έργων (4D χρονικός προγραμματισμός), επικεντρώνοντας στον ρόλο των «έξυπνων αντικειμένων» ενός ψηφιακού 3D μοντέλου BIM και στη διασύνδεσή τους με τις δραστηριότητες του χρονοδιαγράμματος.
- Η αναλυτική παρουσίαση της νέας προσέγγισης του 4D χρονικού προγραμματισμού (4D Construction Planning and Scheduling) με την τεχνολογία BIM, μέσω μίας πρακτικής εφαρμογής σε συγκεκριμένο έργο με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού.
- Η συγκριτική παρουσίαση σχετικών λειτουργιών και δυνατοτήτων που παρέχονται από δύο αντιπροσωπευτικά και ανταγωνιστικά λογισμικά, των οποίων η χρήση εξασφαλίστηκε με αντίστοιχες εκπαιδευτικές άδειες.

- Η παρουσίαση και η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων του 4D χρονικού προγραμματισμού σε σύγκριση με τις εφαρμοζόμενες σήμερα τεχνικές και μεθόδους χρονικού προγραμματισμού των τεχνικών έργων.
- Η συνοπτική παράθεση ενός περιγράμματος για τον τρόπο με τον οποίο οι αναθέτουσες αρχές θα πρέπει να προδιαγράφουν την εφαρμογή του 4D χρονικού προγραμματισμού στη συγγραφή υποχρεώσεων των αναδόχων κατασκευαστών.
- Η συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικών δράσεων και πολιτικών προώθησης και διάδοσης της τεχνολογίας BIM, που εφαρμόζονται διεθνώς τόσο σε επαγγελματικό όσο και σε εκπαιδευτικό επίπεδο, και η διατύπωση προτάσεων για ανάλογες ενέργειες που μπορούν να συμβάλλουν στον τεχνολογικό συγχρονισμό του κλάδου των κατασκευών στην Ελλάδα με αυτές τις εξελίξεις.

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση σε επιστημονικά άρθρα, βιβλία και ερευνητικές εργασίες αλλά και παρακολούθηση διαδικτυακών σεμιναρίων για καλύτερη επαφή με το αντικείμενο και την κατάρτιση στη χρήση του λογισμικού που εφαρμόστηκε.

Στη συνέχεια, έγινε πρακτική εφαρμογή 4D χρονικού προγραμματισμού σε συγκεκριμένο έργο με λογισμικό που υποστηρίζει την τεχνολογία BIM.

1.2 Αναλυτική περιγραφή του τρόπου εργασίας

Στο πρώτο μέρος της διπλωματικής εργασίας έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση γύρω από τη χρήση του BIM σε όλο τον κόσμο και την εφαρμογή του κυρίως στο πεδίο του χρονικού προγραμματισμού των τεχνικών έργων. Πιο συγκεκριμένα έγινε μελέτη βιβλίων, επιστημονικών άρθρων, επίσκεψη σχετικών ιστοσελίδων οργανισμών ενημέρωσης για την τεχνολογία BIM, αλλά και μελέτη διπλωματικών εργασιών με παρόμοιο αντικείμενο, από φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου αλλά και ξένων πανεπιστημίων. Επίσης παρακολούθηθηκαν 3 διαδικτυακά σεμινάρια από εταιρίες λογισμικών που υποστηρίζουν τη νέα αυτή τεχνολογία.

Στη συνέχεια ακολούθησε εκμάθηση των λογισμικών χρονικού προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα, εξασφαλίστηκαν δωρεάν εκπαιδευτικές άδειες χρήσης των προγραμμάτων Asta Powerproject BIM και Synchro Pro, μέσω του Τομέα Προγραμματισμού και Διαχείρισης Τεχνικών Έργων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με μέριμνα του υπεύθυνου Επιστημονικού Συνεργάτη κ. Δ. Τουλιάτου.

Ως προς το το Asta Powerproject BIM έγινε μελέτη οδηγιών και ψηφιακών αρχείων (βίντεο) εκμάθησης του προγράμματος που παρείχε η εταιρία παροχής του λογισμικού, εξάσκηση μέσω εκπαιδευτικών αρχείων και εγγραφή στο κέντρο διαδικτυακής υποστήριξης (Elecrosoft UK Technical Support) . Τελικά επιλέχτηκε για την εφαρμογή του χρονικού προγραμματισμού ένα 3D μοντέλο IFC και συγκεκριμένα ένα διώροφο κτήριο στέγασης γραφείων, από την βιβλιοθήκη αρχείων του Asta Powerproject BIM.

Μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής μελετήθηκαν και οι λειτουργίες του ανταγωνιστικού προγράμματος Synchro Pro, την εγγραφή στην διαδικτυακή «ακαδημία» που λειτουργεί η εταιρία Synchro, το Synchro Academy.

Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή του 3D μοντέλου του ίδιου έργου που μελετήθηκε το Asta Powerproject BIM και στο λογισμικό Synchro Pro και έγινε σύγκριση των βασικών λειτουργιών και δυνατοτήτων των δύο προγραμμάτων.

Σε ιδιαίτερο κεφάλαιο της εργασίας έγινε μία συνοπτική αναφορά για τον τρόπο με τον οποίο οι αναθέτουσες αρχές θα πρέπει να προδιαγράφουν την εφαρμογή του 4D χρονικού προγραμματισμού στη συγγραφή υποχρεώσεων του αναδόχου.

Τέλος, παρουσιάζονται συμπεράσματα και προτάσεις που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

1.4 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

Κεφάλαιο 2^ο: Εισαγωγή στην τεχνολογία BIM

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία επεξήγηση των όρων Virtual Design and Construction (Εικονική Σχεδίαση & Κατασκευή) και Building Information Modeling (Πληροφοριακό Ομοίωμα Έργου). Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το BIM στον τομέα των κατασκευών, τόσο για τον ΚτΕ όσο και για τους Μελετητές και τους Κατασκευαστές. Τέλος γίνεται αναφορά στα επιχειρηματικά οφέλη από την εφαρμογή του BIM και παρουσιάζονται δύο μελέτες περιπτώσεων.

Κεφάλαιο 3^ο: Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η έννοια της διαλειτουργικότητας και παρουσιάζονται τα δύο βασικά πρότυπα διαλειτουργικότητας: το IFC (Industry Foundation Classes) και το COBie (Construction-Operations Building Information Exchange). Ακολούθως αναφέρονται αντιπροσωπευτικά εμπορικά προγράμματα Η/Υ που υποστηρίζουν την τεχνολογία BIM και γίνεται παρουσίαση των πεδίων στα οποία εφαρμόζεται σήμερα η τεχνολογία BIM καθώς και ένα σύστημα κωδικοποίησής τους.

Κεφάλαιο 4^ο: Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση στοιχείων από έρευνες σχετικά με τη χρήση του BIM ανά τον κόσμο, και αναφέρονται οι πολιτικές προώθησης που εφαρμόζουν διάφορες χώρες καθώς και σχετικές δράσεις διεθνών οργανισμών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται προγράμματα εκπαίδευσης στην τεχνολογία BIM σε διάφορες χώρες και σχετικές πρωτοβουλίες.

Κεφάλαιο 5^ο: Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός

Στο κεφάλαιο αυτό ερμηνεύεται ο όρος «4D Modeling» ή αλλιώς 4D χρονικός προγραμματισμός με χρήση της τεχνολογίας BIM. Παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του, η διαδικασία εφαρμογής του στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των τεχνικών έργων, και τέλος αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματά του σε σύγκριση με την παραδοσιακή διαδικασία χρονικού προγραμματισμού.

Κεφάλαιο 6^ο: Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια εισαγωγή στο λογισμικό 4D Planning της Elecosoft, Asta Powerproject BIM. Παρουσιάζονται τα κύρια πλεονεκτήματα του προγράμματος, τονίζονται οι δυνατότητές του, οι βασικές λειτουργίες του, οι εντολές και το περιβάλλον εργασίας του ενώ στη συνέχεια γίνεται πρακτική εφαρμογή του για τη μελέτη χρονικού προγραμματισμού ενός τεχνικού έργου με τεχνολογία BIM (4D Planning).

Κεφάλαιο 7^ο: Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται μία εισαγωγή στο λογισμικό Synchro Pro της εταιρίας Synchro Software Ltd προκειμένου να επισημανθούν οι δυνατότητές του και στη συνέχεια ακολουθεί συγκριτική παρουσίαση του πάνω σε βασικές λειτουργίες σε σχέση με το Asta Powerproject BIM, που χρησιμοποιήθηκε για την πρακτική εφαρμογή που έγινε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας

Κεφάλαιο 8^ο: Προδιαγραφές για την εφαρμογή του 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια αναφορά στα οφέλη που προσφέρει ο 4D χρονικός προγραμματισμός για τις αναθέτουσες αρχές με τη χρήση τεχνολογίας BIM και στη συνέχεια δίνεται ένα περίγραμμα για τον τρόπο με τον οποίο οι αναθέτουσες αρχές θα πρέπει να προδιαγράφουν την εφαρμογή του 4D χρονικού προγραμματισμού στη συγγραφή υποχρεώσεων των αναδόχων-κατασκευαστών.

Κεφάλαιο 9^ο: Συμπεράσματα-Προτάσεις

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας για τον 4D χρονικό προγραμματισμό τεχνικού έργου με χρήση της τεχνολογίας BIM, μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση, έρευνα πεδίου και πρακτική εφαρμογή. Ακολούθως, αναφέρονται προτάσεις για τη διάδοση, την εκμάθηση και τη δημιουργία ενός πλαισίου εφαρμογής της τεχνολογίας BIM στην Ελλάδα.

Κεφάλαιο 10^ο: Αναφορές – Πηγές – Έρευνα πεδίου

Στο κεφάλαιο αυτό περιέχονται όλες οι αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επίσης, παρατίθενται οι βιβλιογραφικές πηγές που συγκεντρώθηκαν και μελετήθηκαν με σκοπό τη δημιουργία μιας βάσης πληροφόρησης και γνώσης. Τέλος, περιέχεται και η έρευνα πεδίου (δικτυακά σεμινάρια, έρευνα στο διαδίκτυο, συμμετοχή σε παρουσιάσεις συναφών προγραμμάτων)

Κεφάλαιο 2ο

Εισαγωγή στην τεχνολογία BIM

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία επεξήγηση των όρων *Virtual Design and Construction* (Εικονική Σχεδίαση & Κατασκευή) και *Building Information Modeling* (Πληροφοριακό Ομοίωμα Έργου). Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το BIM στον τομέα των κατασκευών, τόσο για τον ΚτΕ όσο και για τους Μελετητές και τους Κατασκευαστές. Τέλος γίνεται αναφορά στα επιχειρηματικά οφέλη από την εφαρμογή του BIM και παρουσιάζονται δύο μελέτες περιπτώσεων.

2.1 Εισαγωγή στην έννοια VDC (Εικονική Σχεδίαση & Κατασκευή)

Ο όρος *Virtual Design and Construction* (VDC) ή Εικονικός Σχεδιασμός και Κατασκευή Έργου, χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το 2001 στο πανεπιστήμιο του Στάνφορντ και πιο συγκεκριμένα από το *Center for Integrated Facility Engineering-CIFE* [1]

Το VDC αναφέρεται στη χρήση ολοκληρωμένων, διεπιστημονικών, ψηφιακών μοντέλων ενός έργου που υποστηρίζουν όλες τις ειδικότητες και όλο το φάσμα των διαδικασιών για την υλοποίηση ενός έργου. Πρόκειται δηλαδή για εργαλεία και μεθόδους που υποστηρίζουν το σχεδιασμό, τη διαχείριση και οργάνωση των έργων και την κατασκευή τους με μεθόδους ψηφιακής μοντελοποίησης και με διαδικασίες «άμεσης συνεργασίας» όλων των εμπλεκόμενων μερών, ώστε να διασφαλίζεται η ελαχιστοποίηση της σπατάλης σε χρόνο και κόστος και η μεγιστοποίηση της ποιότητας του τελικού αποτελέσματος [2].

Οι διαδικασίες «άμεσης συνεργασίας» που αναφέρθηκαν παραπάνω, ίσως είναι το πιο βασικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας VDC. Οι διαδικασίες αυτές πραγματοποιούνται με τη χρήση εικονικών ψηφιακών μοντέλων του έργου, τα οποία είναι άμεσα προσβάσιμα μέσω του Η/Υ από όλα τα μέλη της ομάδας έργου, είναι διαδραστικά και απεικονίζουν πιστά και με το επιθυμητό βαθμό λεπτομέρειας το υπό μελέτη έργο.

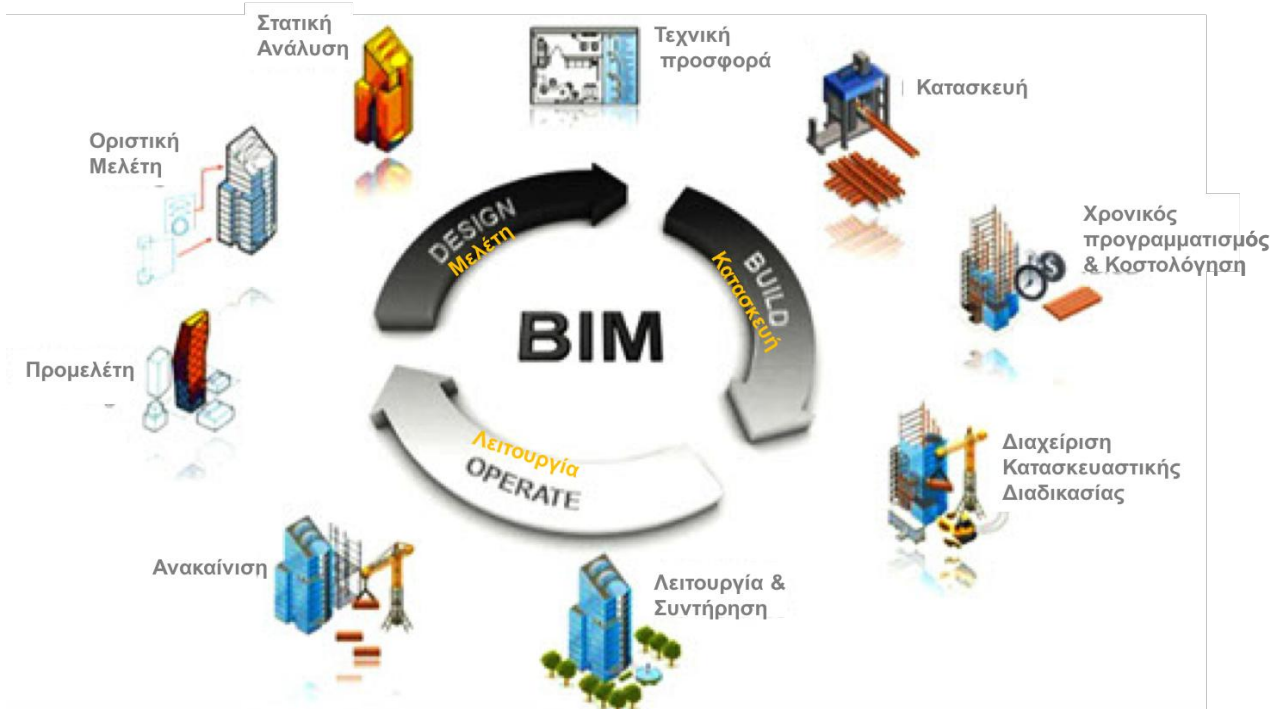
Η οπτική διάσταση των μοντέλων δίνει τη δυνατότητα σε όλους όσους εργάζονται για ένα έργο, και όχι μόνο στους μελετητές ή στους κατασκευαστές, να έχουν πρόσβαση σε στο σύνολο των πληροφοριών του έργου, να εργάζονται μαζί σαν να βρίσκονται στον ίδιο χώρο, να ανταλλάσσουν ιδέες και πληροφορίες, να συντονίζονται αλλά και να εντοπίζουν πιο γρήγορα τυχόν λάθη. Με τη τεχνολογία VDC βελτιώνεται η επικοινωνία και εξασφαλίζεται ένα καλύτερο αποτέλεσμα.

2.2 Εισαγωγή στην έννοια BIM (Πληροφοριακό Ομοίωμα Έργου)

Η Αμερικάνικη Επιτροπή ανάπτυξης εθνικού προτύπου BIM (US National Building Information Model Standard Project Committee) [3] ορίζει το BIM (Building Information Modeling, Πληροφοριακό Ομοίωμα Έργου) ως την ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός έργου, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η πλήρης διαχείριση αυτών των χαρακτηριστικών, τόσο κατά τη φάση του σχεδιασμού όσο και κατά την κατασκευή αλλά και κατά τη λειτουργία του έργου.

Ένα ψηφιακό μοντέλο βασισμένο στην τεχνολογία BIM αποτελεί μία κοινά προσβάσιμη πηγή πληροφοριών η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται ως μία αξιόπιστη βάση για τη λήψη αποφάσεων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου, από την προκαταρκτική σχεδίαση μέχρι και την καθαίρεσή του.

Υπό μία ευρύτερη θεώρηση το BIM αποτελεί μία διαδικασία διαχείρισης κατασκευαστικών έργων με τη χρήση 3D ψηφιακών μοντέλων τα οποία δημιουργούν ένα κοινό εικονικό χώρο συνεργασίας για όλα τα μέλη της ομάδας έργου [4], δηλαδή τους εκπροσώπους του ιδιοκτήτη (π.χ. επίβλεψη, σύμβουλοι), τους μελετητές, τους κατασκευαστές, τους προμηθευτές, κλπ και οποίος εξυπηρετεί όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου (βλ εικ. 2.1).



Εικ. 2.1: Η χρήση της τεχνολογίας BIM σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου(<http://www.baboonlab.com/en/bim/>)

Οι ψηφιακές τεχνολογίες και το BIM είναι στενά συνδεδεμένες, γεγονός που οδηγεί στην εσφαλμένη εντύπωση ότι το BIM είναι ένα ακόμα λογισμικό 3διάστατου σχεδιασμού (3D CAD). Πέρα από αυτό η τεχνολογία BIM υποστηρίζει ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών, όχι μόνο στο πλαίσιο της διαδικασίας σχεδιασμού ενός έργου αλλά και για τη διαχείριση του χρόνου, του κόστους και της λειτουργίας του μετά την κατασκευή. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα εργαλείο, ένας τρόπος εργασίας και ανταλλαγής δομημένων και ευφύων πληροφοριών που συνδέονται με τα 3D ψηφιακά μοντέλα αλλά και με το πραγματικό έργο.

Στην ιστοσελίδα της Autodesk (www.autodesk.com/solutions/bim/) δίνονται οι ακόλουθοι ορισμοί για το BIM:

What is BIM?

Building Information Modeling (BIM) is an intelligent 3D model-based process that equips architecture, engineering, and construction professionals with the insight and tools to more efficiently plan, design, construct, and manage buildings and infrastructure.

BIM

BIM, or Building Information Modeling / Model / Management, is a collaborative process which includes a 3D digital representation of a building with information associated by discipline (physical and functional characteristics). It involves the implementation of a collaborative work approach based on AEC object-oriented software. The BIM digital model allows different stakeholders to access the same database (beyond the simple geometric representation) for the design, construction, implementation, management and maintenance of the building or infrastructure project.

2.3 Ποια είναι η σχέση του BIM με το VDC

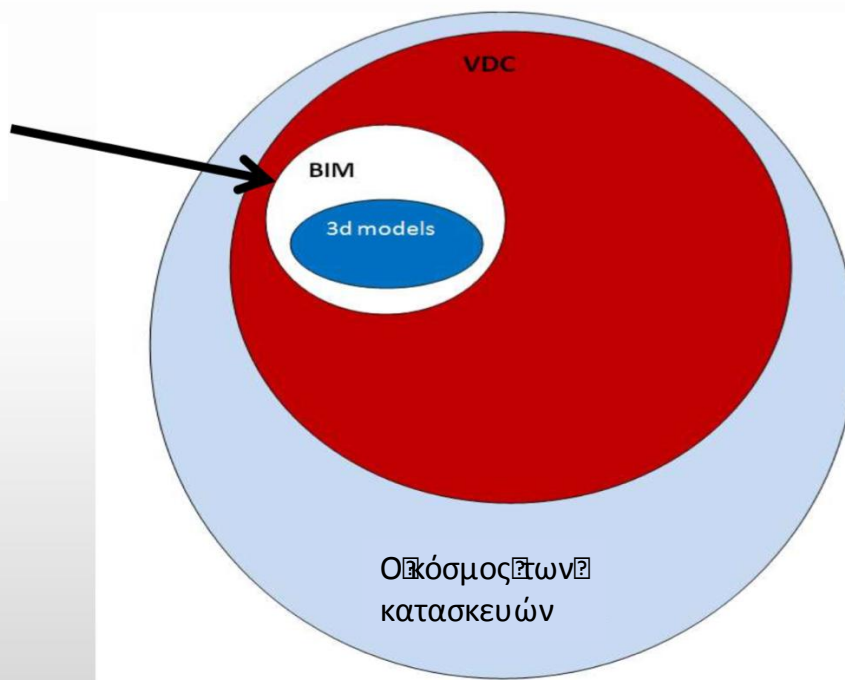
Από τις ερμηνείες των δύο όρων δημιουργείται τις περισσότερες φορές η εσφαλμένη εντύπωση ότι το BIM και το VDC είναι δύο ταυτόσημες έννοιες. Στην πραγματικότητα το VDC “χρησιμοποιεί” το BIM, το οποίο είναι ένα μέρος του, δηλαδή είναι ένας τρόπος εφαρμογής του Εικονικού Σχεδιασμού και Κατασκευής Έργου.) [4]

Αυτές οι δύο τεχνολογίες «συνεργάζονται» για την επίτευξη ενός βέλτιστου αποτελέσματος, μειώνοντας τόσο το χρόνο κατασκευής όσο και το κόστος (βλ. εικ. 2.2)..

Το VDC περιέχει BIM

Τα 3D μοντέλα βρίσκονται «μέσα» στη διαδικασία του BIM

Το BIM είναι
συστατικό του
VDC



Εικ. 2.2: Σχηματική απεικόνιση της σχέσης του BIM με το VDC [4]

Με τις συνήθεις μεθόδους σχεδιασμού και διαχείρισης της κατασκευής των τεχνικών έργων, η «σπατάλη» σε χρόνο και κόστος παραμένει σε πολύ υψηλά επίπεδα (βλ. εικ. 2.3 και 2.4.). Σήμερα η τεχνολογία BIM και ο νέος αυτός τρόπος εργασίας, περιορίζουν σημαντικά κάθε είδους «σπατάλη» κατά τη διαδικασία υλοποίησης ενός έργου, βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος.

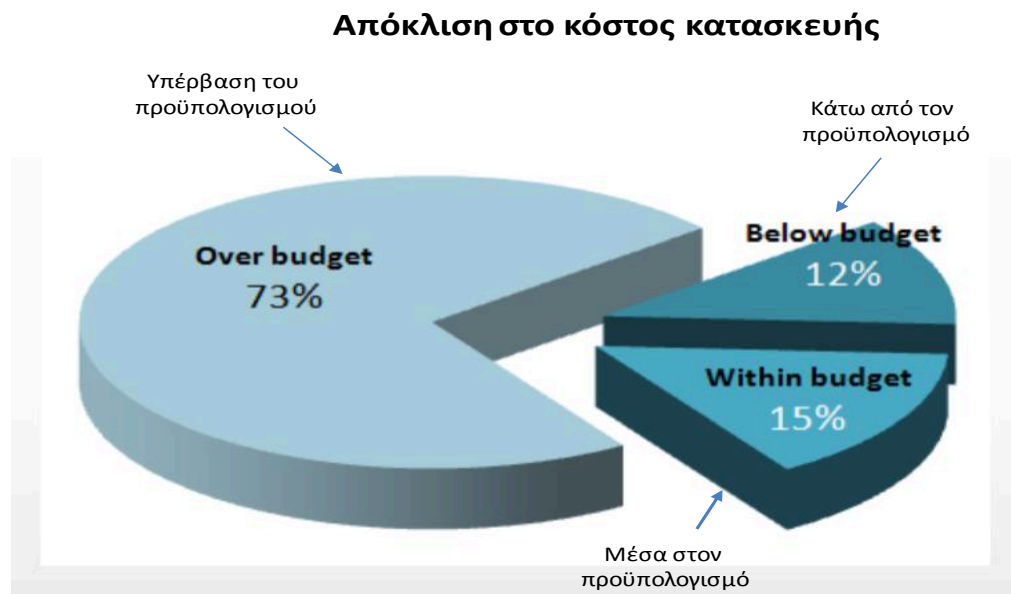
«The largest benefit from VDC is eliminating construction waste from the outset by using BIM. The idea is that you build the project virtually before you consume time or materials onsite». (The Weitz Company [5]).

Και σε ελληνική απόδοση:

«Το μεγαλύτερο όφελος του VDC είναι ο περιορισμός της «σπατάλης» κατά την υλοποίηση ενός έργου χρησιμοποιώντας το BIM από τον αρχικό σχεδιασμό μέχρι και τη λειτουργία του έργου. Η βασική ιδέα είναι να χιτίζεις εικονικά πριν καταναλώσεις χρόνο και υλικά στο εργοτάξιο» (Εταιρία Weitz [5]).



Εικ. 2.3: Απόκλιση στο χρόνο κατασκευής με τις συνήθεις μεθόδους σχεδιασμού και διαχείρισης της κατασκευής [4]



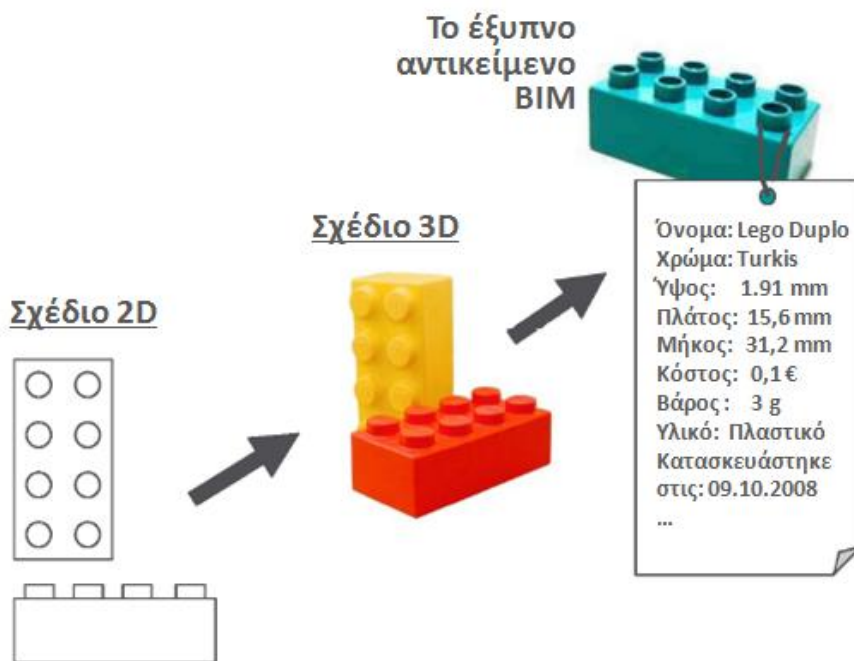
Εικ. 2.4: Απόκλιση στο κόστος κατασκευής με τις συνήθεις μεθόδους σχεδιασμού και διαχείρισης της κατασκευής [4]

2.4 Τα οφέλη του BIM στο σχεδιασμό των τεχνικών έργων

Τι καινούριο έφερε το BIM εφόσον ήδη είχαν αναπτυχθεί τα εργαλεία 3D σχεδιασμού των κατασκευών; Είναι γεγονός ότι η χρήση του Η/Υ έκανε τη διαδικασία σχεδιασμού σημαντικά ταχύτερη και ευκολότερη, ενώ στην προ-CAD εποχή η παραγωγή τεχνικών σχεδίων ήταν πολύ πιο χρονοβόρα διαδικασία με πολλά περιθώρια για λάθη [6].

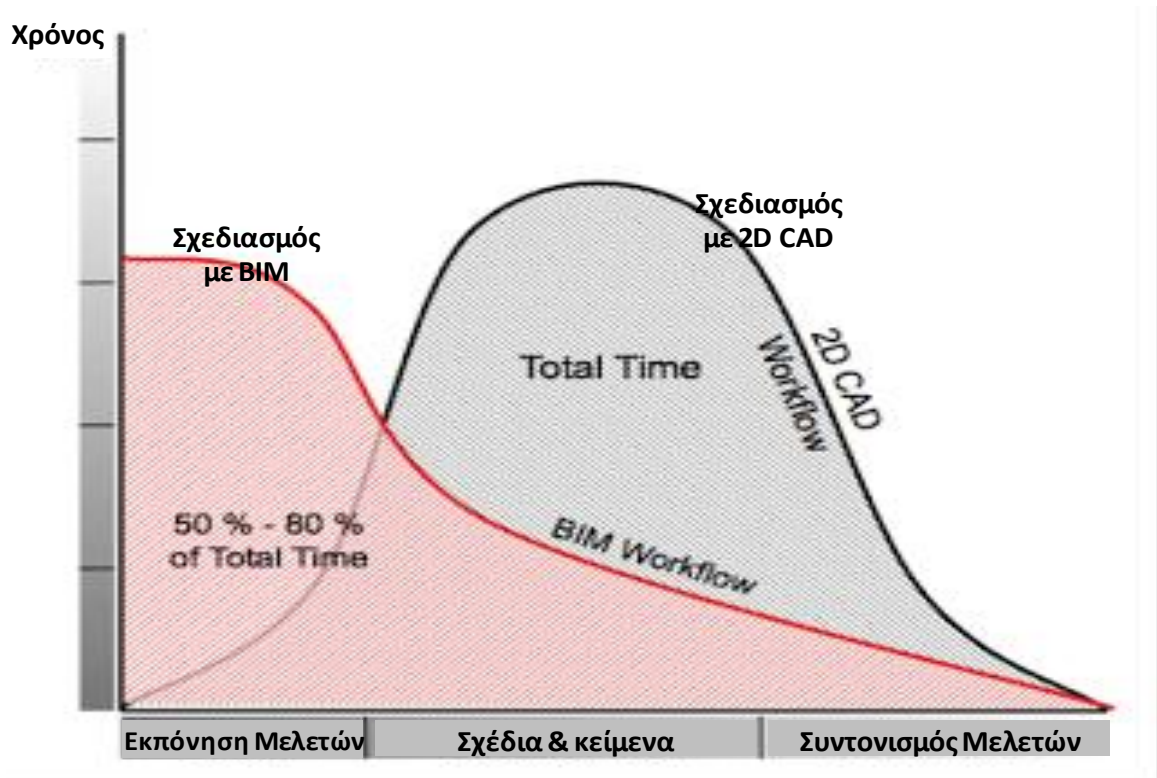
Ωστόσο, ο υπολογιστής δεν άλλαξε καθόλου τον τρόπο με τον οποίο δούλευαν οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί έργων. Τα σχέδια ήταν ακόμα, μια σειρά από ευθείες και καμπύλες γραμμές σε 3 διαστάσεις που απεικόνιζαν ένα κτίριο. Τα ψηφιακά BIM μοντέλα, από την άλλη πλευρά, είναι αντικειμενοστραφή, το οποίο σημαίνει πως ένα σύνολο συνδεδεμένων, έξυπνων αντικειμένων χρησιμοποιείται για να συνθέσει το κτίριο. Αυτά τα αντικείμενα είναι πλούσια σε πληροφορίες (συντεταγμένες, διαστάσεις, υλικά κλπ) και κάθε αλλαγή που γίνεται στο 3D μοντέλο μεταφέρεται αυτόματα σε όλα τα 2D στοιχεία της κατασκευής [7].

Στην εικόνα 2.5 φαίνεται η διαφορά ενός σχεδίου 2 ή 3 διαστάσεων σε σχέση με το έξυπνο αντικείμενο BIM.



Εικ. 2.5: Διαφορά έξυπνου αντικειμένου από το σχέδιο 2D και 3D

Το πιο σημαντικό ίσως είναι ότι αυτή η δομημένη πληροφορία είναι «κοινόχρηστη» και μπορεί να χρησιμοποιηθεί π.χ. για να εντοπιστούν ασυμβατότητες μεταξύ των αντικειμένων που συνθέτουν ένα έργο ή άλλα προβλήματα οποιουδήποτε είδους, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις και υπερβάσεις κόστους. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 2.6, αυτό επιτυγχάνεται με τη μεταφορά του «φόρτου» του σχεδιασμού στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης του έργου.

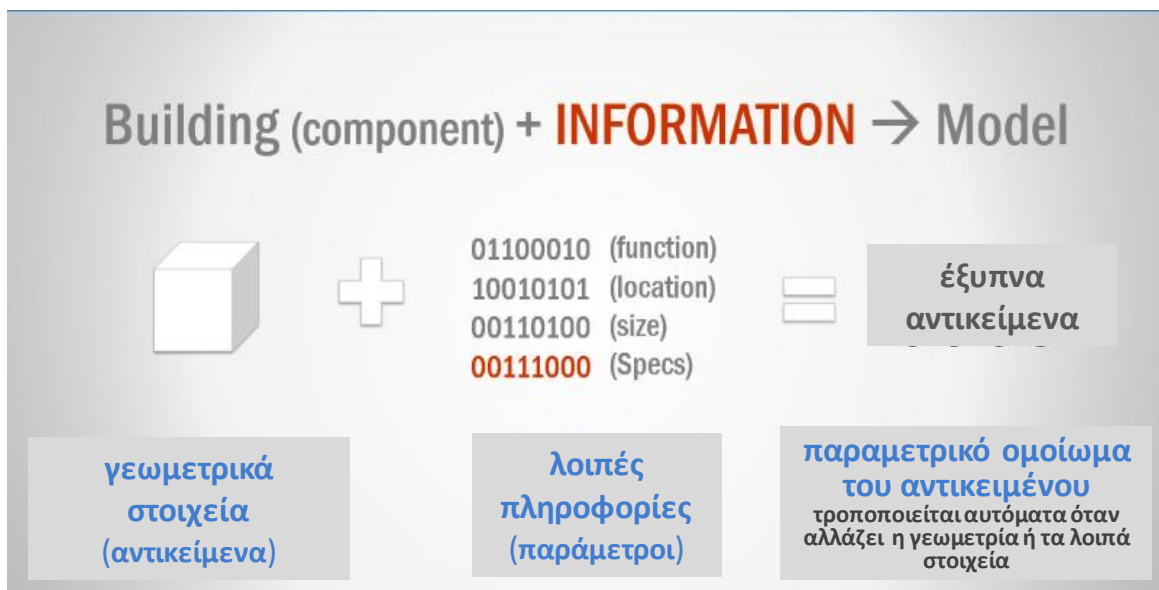


Εικ. 2.6: Εξοικονόμηση χρόνου κατά το σχεδιασμό με χρήση τεχνολογίας BIM σε σχέση με τις τεχνικές CAD [πηγή: <http://www.graphisoft.com>]

2.4.1 Αξιοποίηση δεδομένων

Το Building Information Modeling είναι στην ουσία μία βάση δεδομένων η οποία περιέχει πληροφορίες που χρησιμοποιούνται κατά τη μελέτη, την κατασκευή, την κοστολόγηση, και που αναφέρονται στις γεωμετρικές και φυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων, όπως το βάρος οι διαστάσεις, κλπ., αλλά και πληροφορίες για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του έργου. Αυτές οι πληροφορίες, επιτρέπουν π.χ. να γίνουν ακριβείς προμετρήσεις και κατάλογοι των απαιτούμενων εργασιών και υλικών με τους οποίους οι μελετητές και οι κατασκευαστές μπορούν να υπολογίσουν και να παρουσιάσουν αναφορές για το κόστος και τη χρήση των υλικών πριν και μετά την κατασκευή.[7]

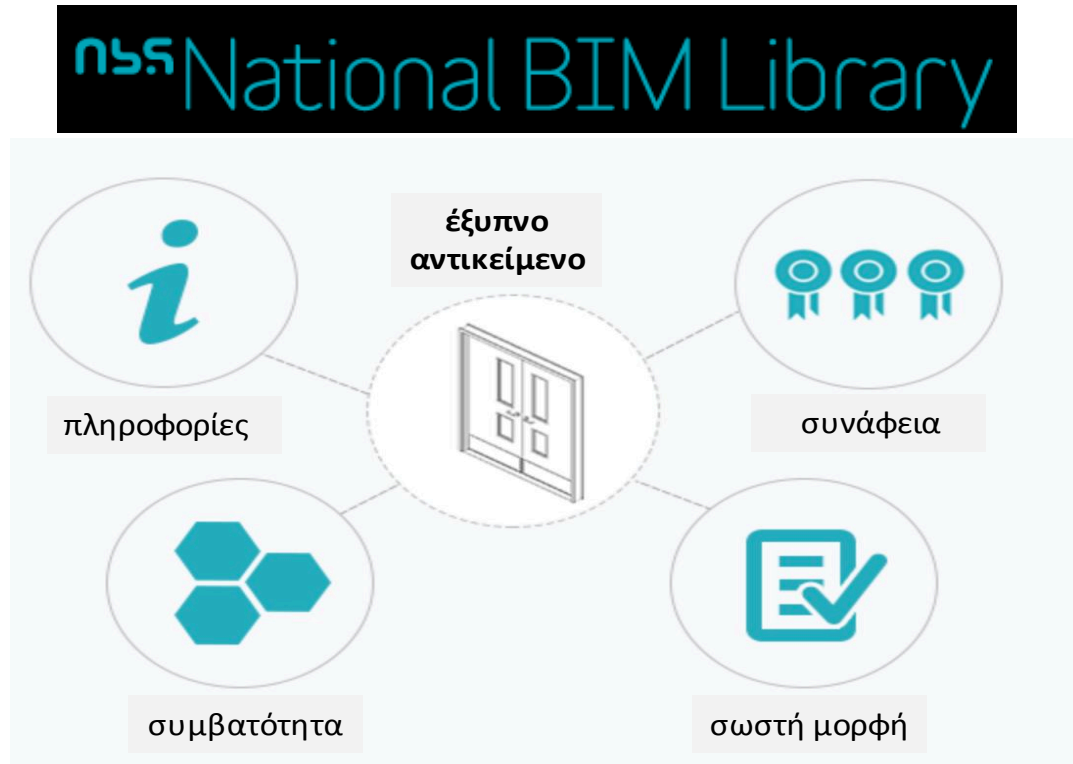
Επιπλέον, οι πληροφορίες που περιέχονται στα «έξυπνα αντικείμενα» που συνθέτουν το ψηφιακό μοντέλο του έργου (βλ εικ. 2.7), μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη λειτουργία του έργου για τον άμεσο εντοπισμό του προμηθευτή σε περίπτωση βλάβης αλλά και για τον ίδιο τον εντοπισμό της βλάβης είτε κατά τη διάρκεια κατασκευής είτε κατά τη λειτουργία του έργου (facility management). Όλα τα παραπάνω δικαιολογούν και ερμηνεύουν τη λέξη Information στον όρο του BIM.



Εικ 2.7: Τα έξυπνα αντικείμενα που συνθέτουν ένα μοντέλο BIM [8]

Αξίζει εδώ να γίνει αναφορά στην Εθνική Βιβλιοθήκη αντικειμένων BIM που έχει αναπτυχθεί στο Ηνωμένο Βασίλειο National BIM Library (www.nationalbimlibrary.com) από τον οργανισμό National Building Specification (NBS) (βλ εικ. 2.8).

Πρόκειται για μία ελεύθερη διαδικτυακή πλατφόρμα που επιτρέπει την αναζήτηση και χρήση υψηλής ποιότητας έξυπνων αντικειμένων BIM. Με περισσότερα από 10.000 αντικείμενα αποτελεί ήδη μία σημαντική πηγή ψηφιακών αντικειμένων που συμβάλλει στην ακριβή ψηφιακή απόδοση του έργου, σε πιο ακριβείς κοστολογήσεις και εκτιμήσεις καθώς επίσης και στην καλύτερη διαχείριση πληροφοριών για τη συντήρηση των εγκαταστάσεων και της λειτουργίας του έργου.



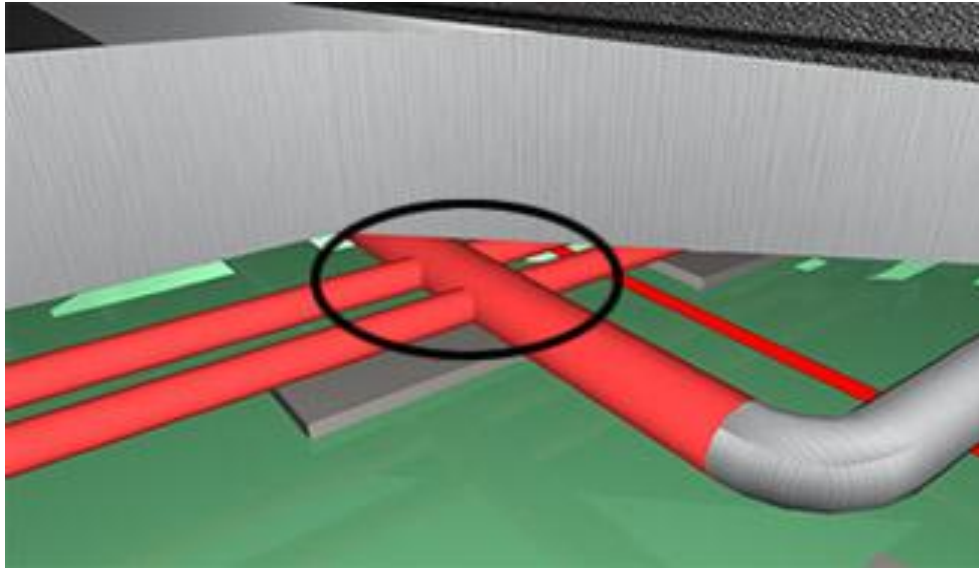
Εικ. 2.8: Η βιβλιοθήκη έξυπνων αντικειμένων National BIM Library στο Βασίλειο [πηγή: <https://www.nationalbimlibrary.com>]

2.4.2 Ανίχνευση προβλημάτων συμβατότητας – Clash detection

Η ανίχνευση προβλημάτων συμβατότητας κατά τη συναρμογή των επιμέρους μελετών είναι μία πολύ σημαντική λειτουργία που παρέχει η τεχνολογία BIM κατά τη διαδικασία σχεδιασμού ενός έργου.

Δεδομένου ότι μία κατασκευή δεν αποτελείται μόνο από ένα αρχιτεκτονικό μοντέλο αλλά από ένα συνδυασμό μοντέλων προερχόμενων από μελετητές διαφορετικής ειδικότητας (δομοστατικό, ηλεκτρολογικό, υδραυλικό κλπ.), το τελικό αποτέλεσμα πρέπει να μεταφράζεται ως η σωστή σύνθεση και συναρμογή όλων των παραπάνω.

Είναι πολύ πιθανό όμως στοιχεία των διαφορετικών μοντέλων να βρεθούν τοποθετημένα στην ίδια θέση ή αντικείμενα με αταίριαστες παραμέτρους. Για παράδειγμα αν ένας υδραυλικός αγωγός διέρχεται μέσα από έναν αγωγό ηλεκτρικού δικτύου ή μέσα από ένα υποστύλωμα (βλ εικ. 2.9) . Ο έγκαιρος εντοπισμός αυτών των ασυμφωνιών είναι ζωτικής σημασίας καθώς η διαπίστωσή του κατά την κατασκευή του θα δημιουργούσε σημαντικά προβλήματα, όπως καθυστερήσεις, αλλαγές σχεδίων, υπερβάσεις κόστους και πολλά ακόμη. Με το BIM, η ανίχνευση ασυμβατοτήτων γίνεται κατά τη φάση του σχεδιασμού, πριν αρχίσει η κατασκευή, εξοικονομώντας χρήματα, χρόνο και διασφαλίζοντας την απρόσκοπτη και την έντεχνη εκτέλεση των εργασιών.[9]



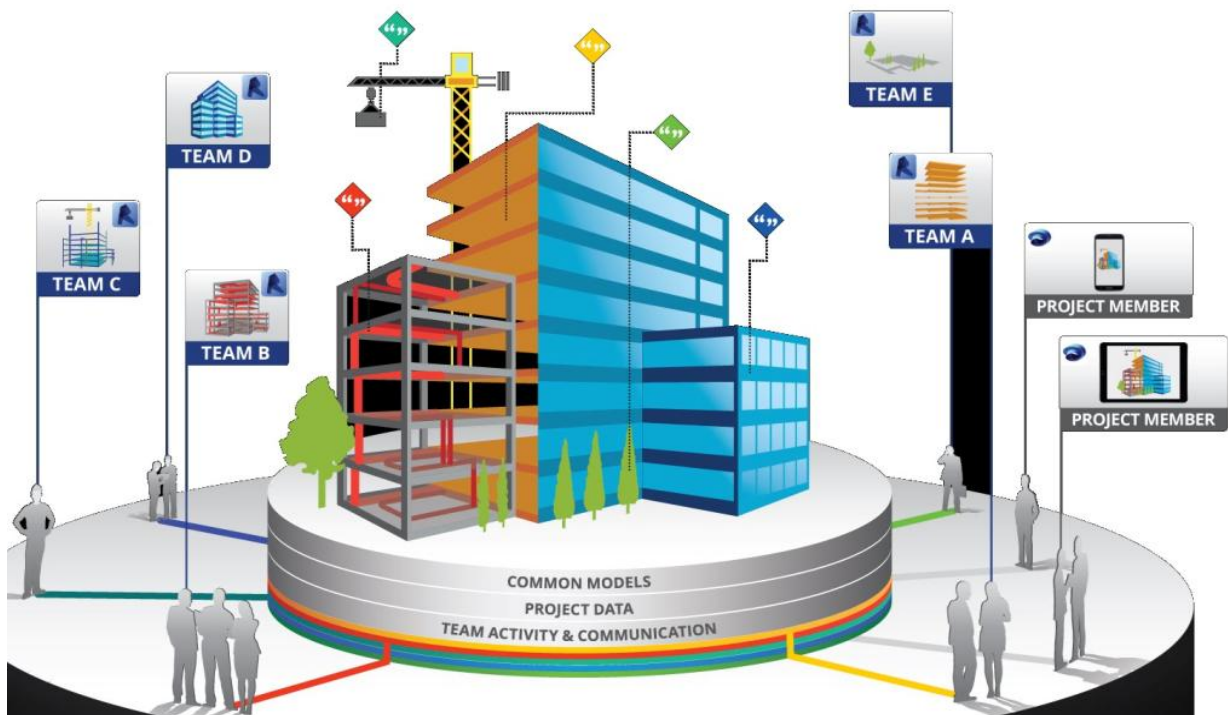
*Εικ. 2.9: Ανίχνευση ασυμβατοτήτων κατά το σχεδιασμό [πηγή:
http://www.associationofconstructionanddevelopment.org/articles/view.php?article_id=10780]*

2.5 Οφέλη του BIM στη συνεργασία και την επικοινωνία των ομάδων του έργου

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η κατασκευαστική διαδικασία περιλαμβάνει μία πληθώρα λειτουργιών που απαιτούν επικοινωνία και συνεργασία. Μπορεί η συνεργασία των ομάδων του έργου μέσω των σχεδίων να είναι εφικτή δεν είναι όμως αποδοτική.

Είναι πολύ πιο δύσκολη και χρονοβόρα απ' ότι η συνεργασία πάνω σε ένα συντονισμένο 3D BIM μοντέλο, στο οποίο περιέχονται λεπτομερείς πληροφορίες για κάθε δομικό στοιχείο του έργου. Όλα τα μέλη της ομάδας του έργου έχουν πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες και μπορούν ανά πάσα στιγμή να βεβαιωθούν ότι το τμήμα της μελέτης που έχει αναλάβει το κάθε μέρος (στατικό, υδραυλικό, ενεργειακό κλπ) είναι συμβατό με το συνολικό έργο. Ο συντονισμός μεταξύ των ομάδων βελτιώνεται, κάνοντας τις σχεδιαστικές αλλαγές και τις συνέπειες αυτών των αλλαγών γνωστές και διαθέσιμες σε όλους τους χρήστες του μοντέλου και για όλα τα παραμετρικά αντικείμενα.[10]

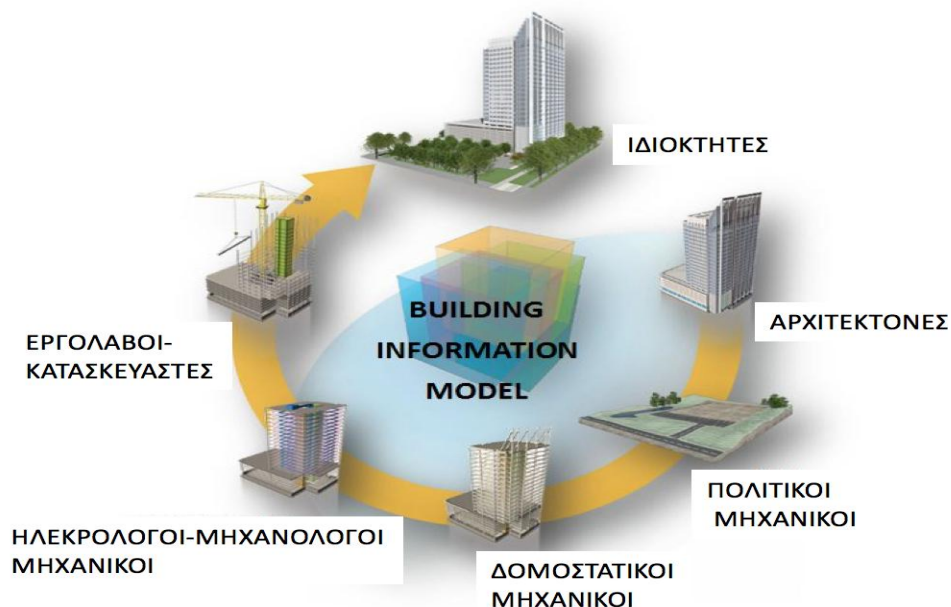
Η συνεργασία επομένως αποκτά μία νέα διάσταση, καθώς όλα τα μέλη της ομάδας δουλεύουν από απόσταση, αλλά επικοινωνούν γρήγορα και αποτελεσματικά σαν να βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο (βλ εικ. 2.10).



Εικ. 2.10: Συνεργασία των ομάδων μελέτης του έργου σε περιβάλλον BIM [11]

2.6 Οφέλη του BIM για τους μελετητές και τους κατασκευαστές[12]

Όλοι οι επαγγελματίες που συμμετέχουν στο σχεδιασμό ή στην κατασκευή ενός έργου επωφελούνται από την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM (βλ εικ. 2.11)



Εικ. 2.11: Οι ειδικότητες που συμμετέχουν στο σχεδιασμό και την κατασκευή ενός έργου

Αρχιτέκτονες & Πολιτικοί Μηχανικοί

Η ανάπτυξη του BIM ξεκίνησε από τους αρχιτέκτονες οι οποίοι αναγνωρίζουν την αξία της χρήσης του στη σχεδιαστική διαδικασία. Χρησιμοποιώντας τα «έξυπνα» αντικείμενα στο 3D μοντέλο, η σχεδίαση γίνεται πιο γρήγορη και αποτελεσματική βλέποντας το έργο το οποίο σχεδιάζουν να παίρνει μία ρεαλιστική μορφή και εντοπίζουν τυχόν λάθη που θα επιβάρυναν το τελικό κόστος της κατασκευής.

Ιδιαίτερα για τους πολιτικούς μηχανικούς που αναλαμβάνουν πολύ συχνά και τη διαχείριση της κατασκευής του έργου, με τη χρήση της τεχνολογίας BIM μπορούν να υπολογίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη χρονική διάρκεια της κατασκευής ενώ με τα πιο λεπτομερή και ρεαλιστικά σχέδια μπορούν να συντονίσουν το εργοτάξιο και να εντοπίσουν τυχόν λάθη με μεγαλύτερη ευκολία.

Δομοστατικοί μηχανικοί

Μεγάλο μέρος των δομοστατικών μηχανικών αναγνωρίζει τα οφέλη και τις καινοτομίες που έφερε το BIM στην εργασία τους. Αντικείμενα όπως χαλύβδινα υποστυλώματα, δοκοί, πλάκες και δικτυώματα είναι πλέον έξυπνα αντικείμενα που ενσωματώνονται στο στατικό μοντέλο του έργου με όλες τις ιδιότητές τους με αποτέλεσμα να εξοικονομείται σημαντικός χρόνος από τη στατική μελέτη και να βελτιώνεται η ποιότητα της κατασκευής.

Ηλεκτρολόγοι – Μηχανολόγοι μηχανικοί

Υπάρχει μία πληθώρα πλεονεκτημάτων για τους Ηλεκτρολόγους και τους Μηχανολόγους από τη χρήση του BIM. Η μοντελοποίηση σύνθετων αντικειμένων όπως δικτύων σωληνώσεων και αεραγωγών είναι πλέον συνήθης πρακτική, ενώ τα μικρότερα στοιχεία όπως ηλεκτρικοί διακόπτες και πρίζες διατίθενται ως έξυπνα αντικείμενα με όλα τα χαρακτηριστικά τους από τους ίδιους τους κατασκευαστές.

Κατασκευαστές

Δεδομένου ότι με την τεχνολογία BIM διασφαλίζεται ο συντονισμός και η συναρμογή των μελετών, προλαμβάνονται και περιορίζονται τα προβλήματα συμβατότητας κατά την κατασκευή. Η ακριβής προμέτρηση υλικών και εργασιών, επιτρέπει την ακριβή κοστολόγηση του έργου και τον προγραμματισμό των εργασιών και περιορίζει τη σπατάλη υλικών και εξοπλισμού με αποτέλεσμα και τη μείωση του τελικού κόστους.

2.7 Επιχειρηματικά οφέλη του BIM

Το BIM είναι μία αναδυόμενη τεχνολογία, η οποία έχει αρχίσει να υιοθετείται από έναν αρκετά μεγάλο μέρος της κατασκευαστικής βιομηχανίας και οι χρήστες είναι πλέον πολύ πρόθυμοι να επενδύσουν για την εκμάθηση και την εφαρμογή της.

Το μάρκετινγκ για την προώθηση νέων προϊόντων και υπηρεσιών που σχετίζονται με την τεχνολογία BIM προβάλλουν τα οφέλη από τη χρήση της με συγκριτικές μελέτες και παραδείγματα συγκεκριμένων έργων στα οποία αυτή εφαρμόστηκε.

Ο εκδοτικός οίκος McGraw Hill Construction πραγματοποίησε το 2014 μελέτη με τίτλο «*The Business value of BIM for Construction in major Global markets*» [13] και ερεύνησε τα οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στις μεγαλύτερες κατασκευαστικές αγορές. Θέματα παραγωγικότητας όπως η διόρθωση λαθών και η μείωση των προβλημάτων κατατάσσονται υψηλότερα από οφέλη όπως η μείωση του κόστους και του χρόνου της κατασκευής. Κάτι τέτοιο αποδεικνύει ότι το BIM δεν αποφέρει μόνο κέρδος αλλά βελτιώνει και το επίπεδο της εργασίας και την ποιότητα της κατασκευαστικής διαδικασίας σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου κάνοντας τις εταιρίες να «τοποθετούν» το BIM μέσα στα τρία ισχυρότερα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα που διαθέτουν (βλ. εικ.2.12).

Contractors Citing BIM Benefit as Among Top Three for Their Company

Source: McGraw Hill Construction, 2013



Εικ. 2.12: Αποτελέσματα από την έρευνα της McGraw Hill Construction [13]

Μέσα στα επιχειρηματικά οφέλη παρατηρούμε και την προώθηση νέων επιχειρηματικών ενεργειών. Το BIM ανοίγει πόρτες για τις επιχειρήσεις στο χώρο των κατασκευών. Καθώς οι ενημερωμένοι πελάτες αναζητούν τη χρήση του BIM στα διάφορα έργα, τα μέλη των ομάδων προσπαθούν να αναπτύξουν τις δεξιότητες τους πάνω σε αυτό για να συμβαδίζουν με τις επιχειρηματικές απαιτήσεις. Από την άλλη πλευρά οι εταιρίες προωθούν τη χρήση του BIM για να κερδίσουν ένα έργο, αποδεικνύοντας τα πολλαπλά οφέλη αυτής της καινούριας τεχνολογίας. Το BIM επομένως προσφέρει νέες ευκαιρίες σε μία επιχείρηση και ανανέωση στον τομέα της κατασκευής.[12]

2.8 Η ανταποδοτικότητα της επένδυσης στην τεχνολογία BIM

Η ανταποδοτικότητα της επένδυσης στην τεχνολογία του Building Information Modeling, σε όλο τον κύκλο ζωής ενός έργου, από το σχεδιασμό και την κατασκευή μέχρι την λειτουργία και τη συντήρηση, υπολογίζεται με βάση τη σχέση του συνολικού κέρδους προς το συνολικό κόστος ή αλλιώς με την «απόδοση της επένδυσης-ΑΤΕ» (Return On Investment-ROI).[14]

$$\text{Απόδοση Επένδυσης} = \frac{\text{Κέρδος}}{\text{Κόστος}}$$

Τα αποτελέσματα της έρευνας του οίκου McGraw Hill Construction [13] δείχνουν ότι σε εταιρίες που μέτρησαν συστηματικά την απόδοση της επένδυσης στην τεχνολογία BIM, τα αποτελέσματα είναι της τάξης του 300%-500%, ενώ σε κάποιες να φτάνουν μέχρι και το 1000%. Οι εταιρίες που μέτρησαν την ΑΤΕ στην τεχνολογία BIM επικεντρώνονται σε 6 βασικά κριτήρια-παράγοντες για την αξιολόγηση:

- Η βελτίωση των αποτελεσμάτων του έργου, όπως περιορισμός προβλημάτων λόγω έλλειψης συντονισμού και πληροφοριών.
- Η βελτίωση της επικοινωνίας μέσω της χρήσης κοινού ψηφιοποιημένου 3D μοντέλου και των «έξυπνων» αντικειμένων.
- Η βελτίωση της παραγωγικότητας της εργασίας των ομάδων.
- Η ποιότητα σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του έργου
- Η συμβολή του BIM στο κλείσιμο συμβάσεων νέων έργων
- Το κόστος εκπαίδευσης του προσωπικού

Για παράδειγμα η εταιρεία Holder Construction[15] το 2006 μετρώντας συστηματικά την ΑΤΕ σε 10 κατασκευαστικά έργα στα οποία εφαρμόστηκε τεχνολογία BIM κατέληξε στα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα (βλ εικ. 2.13). Είναι εντυπωσιακό ότι τα ποσοστά της ΑΤΕ κυμαίνονται από 229% έως 39.900%. Ο λόγος για τη μεγάλη διαφορά των τιμών είναι το διαφορετικό πεδίο εφαρμογής του BIM και το διαφορετικό μέγεθος των έργων.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό TE (4D Modeling)

Κεφ.2^ο : Εισαγωγή στην τεχνολογία BIM

Έτος	Κόστος(\$M)	Έργο	Κόστος BIM(\$)	Άμεσο κέρδος BIM(\$)	Καθαρό κέρδος BIM (\$)	BIM ATE(%)
2005	30	Ashley Overlook	5.000	135.000	130.000	2600%
2006	54	Progressive Data Center	120.000	395.000	275.000	229%
2006	47	Raleigh Marriott	4.288	500.000	495.712	11560%
2006	16	GSU Library	10.000	74.120	64.120	641%
2006	88	Mansion on Peachtree	1.440	15.000	13.560	942%
2007	47	Aquarium Hilton	90.000	800.000	710.000	789%
2007	58	1515 Wynkoop	3.800	200.000	196.200	5163%
2007	82	HP Data Center	20.000	67.500	47.500	238%
2007	14	Savannah State	5.000	2.000.000	1.995.000	39900%
2007	32	NAU Science Lab	1.000	330.000	329.000	32900%

Εικ. 2.13: Αποτελέσματα έρευνας μέτρησης ATE(ROI) σχετικά με τα οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM [15]

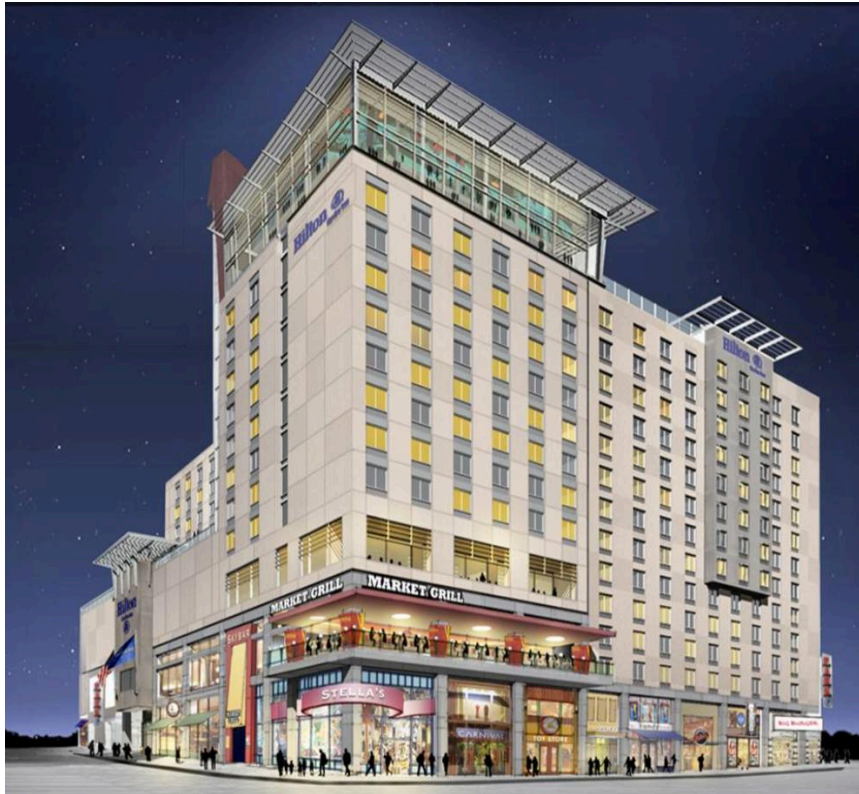
2.9 Άλλες μελέτες περιπτώσεων (Case studies) [15]

Ακολουθούν κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα περιπτώσεων σχετικά με τα οφέλη που προέκυψαν από την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM κατά την υλοποίηση συγκεκριμένων έργων.

The Aquarium Hilton Garden Inn, Atlanta, Georgia

Πρόκειται για ένα μικτής χρήσης κτίριο 14 ορόφων, με ξενοδοχείο, καταστήματα λιανικής πώλησης καθώς και ένα χώρο στάθμευσης 700 θέσεων (βλ εικ. 2.14). Συνοπτικά τα στοιχεία του έργου είναι τα εξής:

- Μέγεθος έργου: 46.000.000\$, ξενοδοχείο και χώρος στάθμευσης συνολικής έκτασης 45.000 τ.μ.
- Τύπος σύμβασης: Εγγυημένη μέγιστη τιμή
- Πεδία εφαρμογής του BIM: Συντονισμός μελετών, ανίχνευση συμβατοτήτων, έλεγχος αλληλουχίας δραστηριοτήτων, χρονικός προγραμματισμός.
- Κόστος εφαρμογής του BIM: 90.000\$ ή 0,2% του προϋπολογισμού του έργου (40.000\$ καταβάλλονται από τον ιδιοκτήτη).
- Όφελος ως προς το κόστος: 200.000\$ που αποδίδεται κυρίως στην έγκαιρη ανίχνευση και επίλυση προβλημάτων συμβατότητας των μελετών και των συμβατικών τευχών.
- Όφελος ως προς το χρόνο απασχόλησης: 1.143 ανθρωποώρες λιγότερες



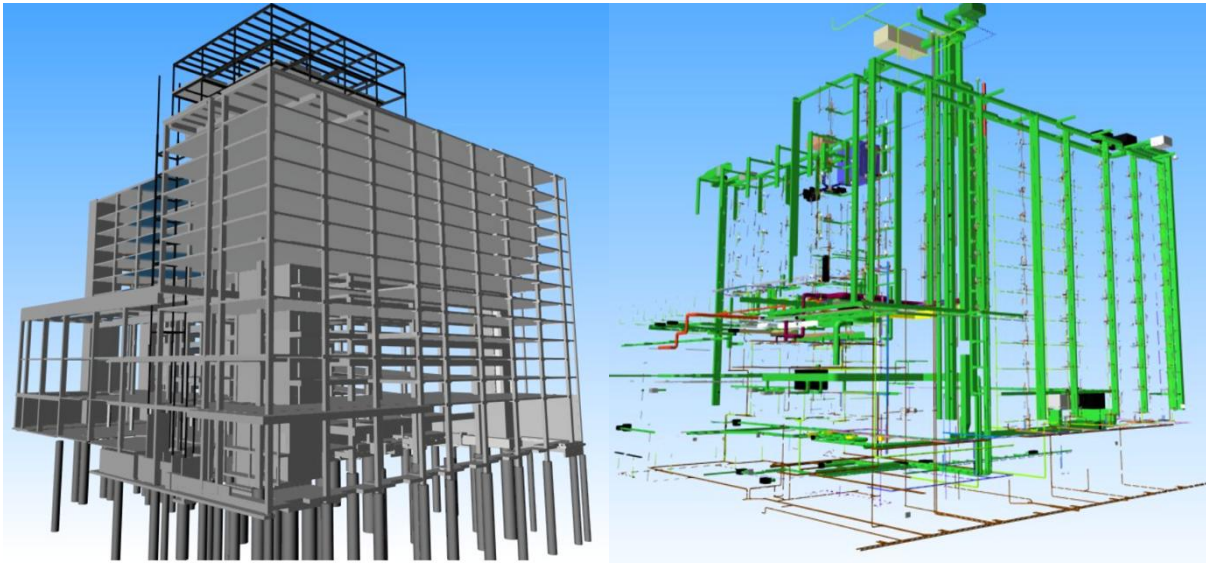
Εικ. 2.14: Το Aquarium Hilton Garden Inn

Παρότι αυτό το έργο δεν μελετήθηκε εξ αρχής χρησιμοποιώντας την τεχνολογία BIM, ο γενικός εργολάβος ζήτησε από τους μελετητές να δημιουργήσουν το στατικό μοντέλο, το αρχιτεκτονικό μοντέλο και τα μοντέλα μηχανολογικών, υδραυλικών και το ηλεκτρικών εγκαταστάσεων του κτιρίου κατά το πρότυπο IFC (βλ εικ. 2.15). Στη συνέχεια με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού BIM για την ανίχνευση ασυμβατοτήτων έκανε τη συναρμογή των μοντέλων των επιμέρους μελετών και εντόπισε 55 ασυμβατότητες οι οποίες θα κόστιζαν 124.000\$.

Με αυτήν και μόνο τη διερεύνηση πριν από την έναρξη της κατασκευής απόσβεσε το κόστος εφαρμογής του BIM των 90.000\$ και είχε και καθαρό κέρδος 34.000\$.

Κατά τη ανασκόπηση των συμβατικών τευχών του έργου εντοπίστηκαν άλλες 590 ασυμβατότητας πριν ακόμα αρχίσει η φάση της κατασκευής με αποτέλεσμα να αποφευχθεί δαπάνη της τάξεως των 800.000\$.

Με λίγα λόγια, το Aquarium Hilton Garden Inn ανέδειξε μερικά από τα οφέλη της χρήσης της τεχνολογίας BIM. Τα οικονομικά οφέλη για τον ιδιοκτήτη ήταν σημαντικά, και το άγνωστο κόστος που αποφεύχθηκε μέσω της συνεργασίας, της οπτικοποίησης, της κατανόησης, και της ανίχνευσης των ασυμβατοτήτων ήταν πέρα από τις μετρούμενες εξοικονομήσεις. Μετά από αυτό το έργο, ο αρχιτέκτονας και ο εργολάβος άρχισαν να χρησιμοποιούν την τεχνολογία BIM σε όλα τα μεγάλα έργα, και ο ιδιοκτήτης χρησιμοποίησε το BIM μοντέλο του κτιρίου για τις πωλήσεις και τις παρουσιάσεις του έργου.



Εικ.2.15: Το στατικό και το ηλεκτρομηχανολογικό μοντέλο του Aquarium Hilton Garden Inn

Savannah State University, Savannah, Georgia

Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρουσιάζεται η χρήση της τεχνολογίας BIM στη φάση της προμελέτης του έργου για την ανάλυση και αξιολόγηση εναλλακτικών επιλογών και τεχνικών λύσεων με τη μέθοδο ανάλυσης αξίας (value analysis), προκειμένου να αναζητηθεί η πλέον λειτουργική και οικονομική διάταξη του κτιρίου (βλ. εικ. 2.16). Συνοπτικά τα στοιχεία του έργου είναι τα εξής:


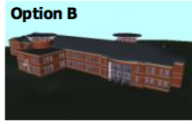


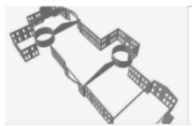

- Έργο: Κτιριακό συγκρότημα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης
- Αξία του έργου: 12.000.000\$
- Πεδία εφαρμογής του BIM: Προμελέτες, ανάλυση αξίας
- Κόστος εφαρμογής του BIM: 5.000\$
- Συνολικό καθαρό όφελος: 1.995.000\$

Ο εργολάβος της κατασκευής συντόνισε στην φάση της προμελέτης τον αρχιτέκτονα και τον ιδιοκτήτη για να παρουσιάσουν τρεις διαφορετικές λύσεις με μοντέλα BIM, συνοδευόμενες από τρία αντίστοιχα οικονομικά σενάρια. Ο ιδιοκτήτης ήταν σε θέση να «περπατήσει» εικονικά μέσα σε όλα τα εικονικά μοντέλα για να επιλέξει τη διάταξη που ικανοποιούσε καλύτερα τις απαιτήσεις του.

Οι κοινές συνεδριάσεις για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων με τη βοήθεια του 3D ψηφιακού μοντέλου BIM οδήγησαν γρήγορα και επικοινωνιακά στη λήψη αποφάσεων για την καλύτερη λύση. Η όλη διαδικασία κράτησε δύο εβδομάδες και απέφερε κέρδος 1.995.000\$ κατά τη φάση της προμελέτης.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Κεφ.2^ο : Εισαγωγή στην τεχνολογία BIM

Aspect	Owner's Requirements	Option A	Option B	Option C	
Front Elevation					
Plan					
Stories	Not specified	2	2	3	
Cost Scenarios					
Budget:	\$147.74/sf	\$11,000,000	\$12,897,111	\$12,270,919	\$10,910,894
Mid-Range:	\$175.00/sf	\$13,030,325	\$15,276,800	\$14,535,140	\$12,924,100
High-Range:	\$200.00/sf	\$14,891,800	\$17,459,200	\$16,611,600	\$14,770,400

Εικ.2.16: Οι τρεις εναλλακτικές λύσεις για το Savannah State University που αξιολογήθηκαν με τη χρήση της τεχνολογίας BIM σε επίπεδο προμελέτης και αυτή που τελικά εφαρμόστηκε.

Κεφάλαιο 3ο

Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η έννοια της διαλειτουργικότητας και παρουσιάζονται τα δύο βασικά πρότυπα διαλειτουργικότητας: το IFC (Industry Foundation Classes) και το COBie (Construction-Operations Building Information Exchange). Ακολούθως αναφέρονται αντιπροσωπευτικά εμπορικά προγράμματα Η/Υ που υποστηρίζουν την τεχνολογία BIM και γίνεται παρουσίαση των πεδίων στα οποία εφαρμόζεται σήμερα η τεχνολογία BIM και ένα σύστημα κωδικοποίησής τους.

3.1 Ορισμός της διαλειτουργικότητας

Το Building Information Modelling (BIM) είναι μια διαδικασία που σε μεγάλο βαθμό στηρίζεται στις ψηφιακές τεχνολογίες και στις τεχνολογίες Επικοινωνίας και Πληροφορικής (ΤΕΠ), οι οποίες παρέχουν τη βάση για την επίτευξη υψηλού βαθμού συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών του έργου. Για να είναι πλήρως αποτελεσματικό, το BIM απαιτεί επίσης, η ανταλλαγή των πληροφοριών μεταξύ των συνεργαζόμενων ομάδων του έργου να λαμβάνει χώρα χωρίς να χάνεται ή να μεταβάλλεται το περιεχόμενο τους. Ωστόσο αυτή η ανταλλαγή πληροφοριών πραγματοποιείται με λογισμικά εφαρμογών, τα οποία παρέχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές (βλ εικ. 3.1).

Έτσι, υπάρχει ανάγκη να βρεθεί ένας τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των διάφορων λογισμικών για την απρόσκοπτη ανταλλαγή αυτών των πληροφοριών, δηλαδή οι πάροχοι των πληροφοριών να γίνουν «διαλειτουργικοί».

«Διαλειτουργικότητα είναι η δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η συνέχεια στις ροές εργασίας και σε ορισμένες περιπτώσεις να διευκολύνεται η αυτοματοποίηση τους.»(Eastman,2008).[10]

3.1.2 Πρότυπα διαλειτουργικότητας

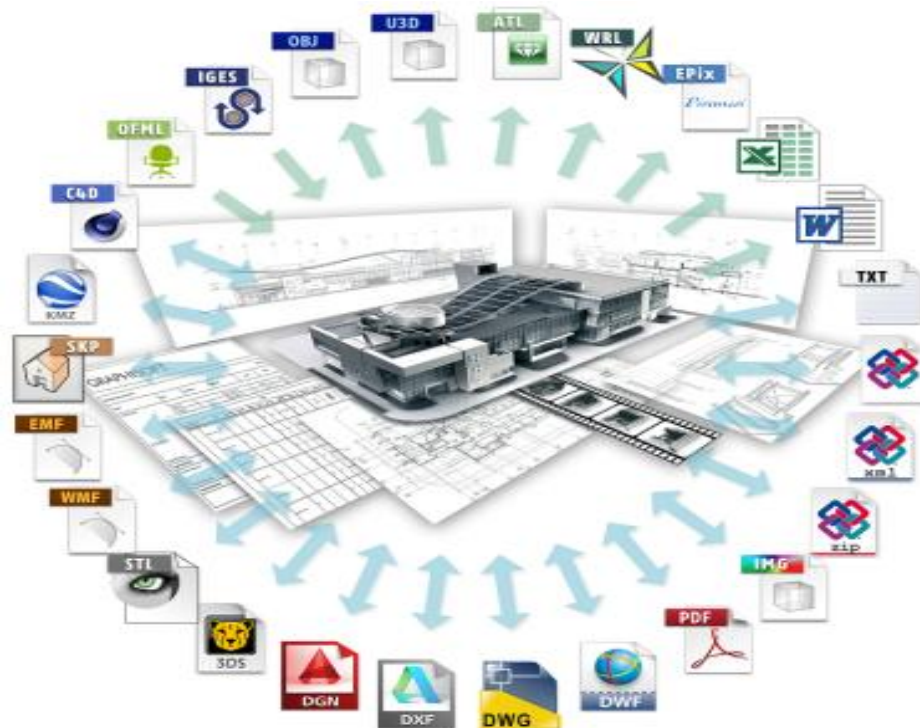
Η διαλειτουργικότητα στον τομέα των κατασκευών είναι ένα πολύ κρίσιμο θέμα, δεδομένου ότι υπάρχουν πολλά είδη λογισμικού και διαφορετικοί προμηθευτές. Έχει γίνει διεθνώς μεγάλη προσπάθεια για την ανάπτυξη προτύπων ώστε να διασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα των ψηφιακών μοντέλων που παράγονται από τα διάφορα λογισμικά.

Για να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το ζήτημα της διαλειτουργικότητας θα πρέπει να δοθεί σημασία στη δημιουργία διεθνώς αποδεκτών προτύπων και πρωτόκολλων για τα μοντέλα BIM, τα οποία να είναι ευρέως αποδεκτά.[16]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.3^ο : Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

Οι δύο λύσεις προς την κατεύθυνση αυτή (πρότυπα, πρωτόκολλα, διαλειτουργικές μορφές αρχείων) που έχουν επικρατήσει και χρησιμοποιούνται διεθνώς, είναι το πρότυπο **Industry Foundation Classes (IFC)** και το πρότυπο **Construction Operations Building information exchange (COBie)**.



Εικ. 3.1: Διάφορες μορφές αρχείων που χρησιμοποιούνται κατά την μελέτη ενός έργου

3.2 Το πρότυπο IFC (Industry Foundation Classes) [16], [17].

Το 1994, δώδεκα εταιρείες τεχνικού λογισμικού των ΗΠΑ, μεταξύ των οποίων η Autodesk και η Primavera, συγκρότησαν μία ένωση με την επωνυμία «Διεθνής Συμμαχία για τη Διαλειτουργικότητα» (International Alliance for Interoperability, IA), που σήμερα είναι γνωστή ως buildingSMART.

Ένα χρόνο αργότερα, αυτή η ένωση διαμόρφωσε ένα πρότυπο διαλειτουργικότητας: το IFC 1.0. Το Industry Foundation Classes (IFC) χρησιμεύει ως πρότυπο ανταλλαγής δεδομένων για τις ανάγκες της κατασκευαστικής βιομηχανίας (AEC) και πιο συγκεκριμένα για την ανταλλαξιμότητα των ψηφιακών μοντέλων BIM. Από το 1995, έχουν γίνει πολλές αναβαθμίσεις και ενημερώσεις του IFC, μερικές απ' αυτές προκειμένου να επιτρέπεται η ανταλλαγή δεδομένων μέσω του Διαδικτύου, όπως το πρότυπο ifcXML (eXtensive Markup Language).

Στην εικόνα 3.2 φαίνονται οι διαδοχικές εκδόσεις που έχουν γίνει για το πρότυπο IFC μέχρι το 2013.

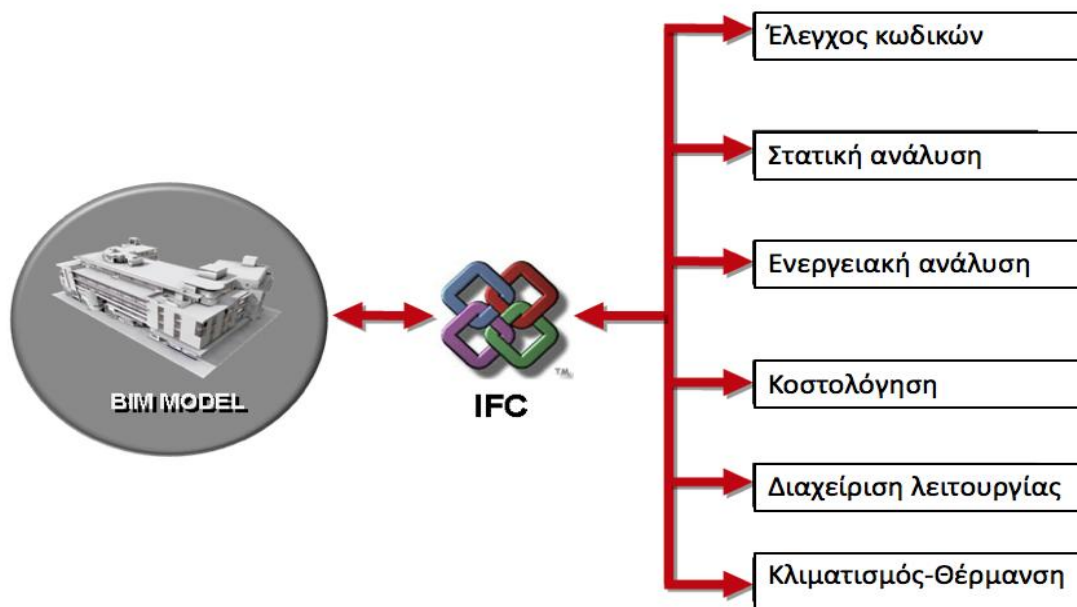
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.3^ο : Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

IFC4 (March 2013)	ifcXML2x3
IFC2x3	ifcXML2 for IFC2x2 add1 (RC2)
IFC2x2 Addendum 1	ifcXML2 for IFC2x2 (RC1)
IFC 2x2	IFC 2x Addendum 1
ifcXML1 for IFC2x and IFC2x Addendum 1	IFC 2x
IFC 2.0	IFC 1.5.1
IFC 1.5	IFC 1.0

Εικ. 3.2: Οι διαδοχικές εκδόσεις του προτύπου IFC

Για να καταλάβει κανείς πώς ακριβώς λειτουργεί το πρότυπο IFC θα πρέπει να σκεφτεί ένα τυπικό έργο BIM. Οι διάφορες ομάδες μελετητών χρησιμοποιούν διαφορετικά προγράμματα Η/Υ, τα οποία υποστηρίζουν την εκπόνηση των επιμέρους μελετών και παράγουν τα αντίστοιχα ψηφιακά μοντέλα του έργου, όπως π.χ. στατικά, αρχιτεκτονικά, Η/Μ & υδραυλικών εγκαταστάσεων κλπ. Όταν μια ομάδα στέλνει το μοντέλο της σε μια άλλη ομάδα για να το χρησιμοποιήσει ως υπόβαθρο ή για να το συμπληρώσει, οι πληροφορίες μετατρέπονται και αποθηκεύονται σε μορφή IFC ώστε να μπορέσουν διαβαστούν από το λογισμικό της άλλης εφαρμογής. Ένα αρχείο σε μορφή IFC δεν μπορεί να υποστεί επεξεργασία παρά μόνο να διαβαστεί από ένα άλλο λογισμικό ώστε να μεταφερθούν οι πληροφορίες που περιέχει στο ψηφιακό μοντέλο αυτής της εφαρμογής και τελικά στο συνολικό μοντέλο του έργου (βλ εικ. 3.3).

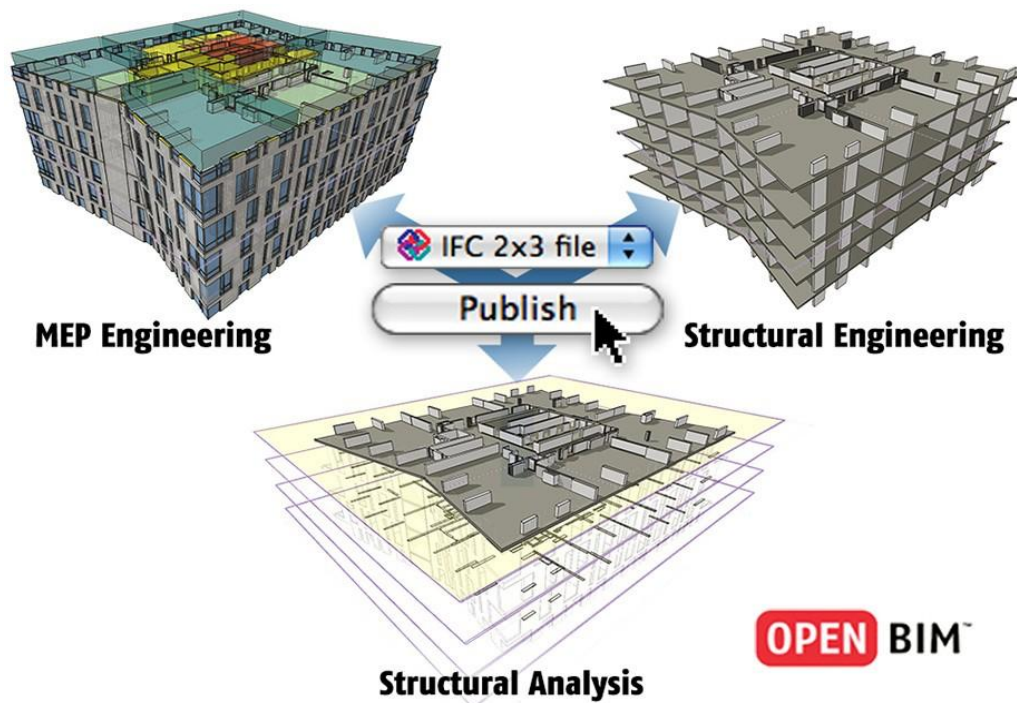
Εικ. 3.3: Η χρήση του προτύπου IFC για διάφορες εφαρμογές [πηγή: <http://www.buildingsmart.com>]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.3^ο : Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

Το πρότυπο IFC επιτρέπει στους μελετητές διαφορετικών ειδικοτήτων να χρησιμοποιήσουν για τη μελέτη τους το ειδικό λογισμικό που θέλουν, το οποίο, εφόσον έχει τη δυνατότητα παραγωγής των αποτελεσμάτων σε αρχείο μορφής IFC, θα μπορεί να τροφοδοτήσει τόσο το συνολικό μοντέλο του έργου όσο και τα μοντέλα των άλλων επιμέρους μελετών. Επομένως, ο μελετητής του φέροντα οργανισμού θα μεταφέρει τα στατικά στοιχεία στο συνολικό μοντέλο του έργου, ο μελετητής των Η/Μ εγκαταστάσεων τα Η/Μ στοιχεία και ούτω καθεξής (βλ εικ. 3.4).

Σημαντικό είναι ότι κατά τη συναρμογή των ψηφιακών μοντέλων των επιμέρους μελετών στο συνολικό πληροφοριακό ομοίωμα του έργου, γίνεται αυτόματα και ο εντοπισμός τυχόν προβλημάτων συμβατότητας μεταξύ των επιμέρους μελετών.



Εικ. 3.4: Το πρότυπο IFC επιτρέπει τη συναρμογή των μοντέλων των επιμέρους μελετών του έργου σε ένα ενιαίο μοντέλο για το συνολικό έργο και τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων συμβατότητας [πηγή: <http://wiki.vnix.com.my/taxonomy/term/75>]

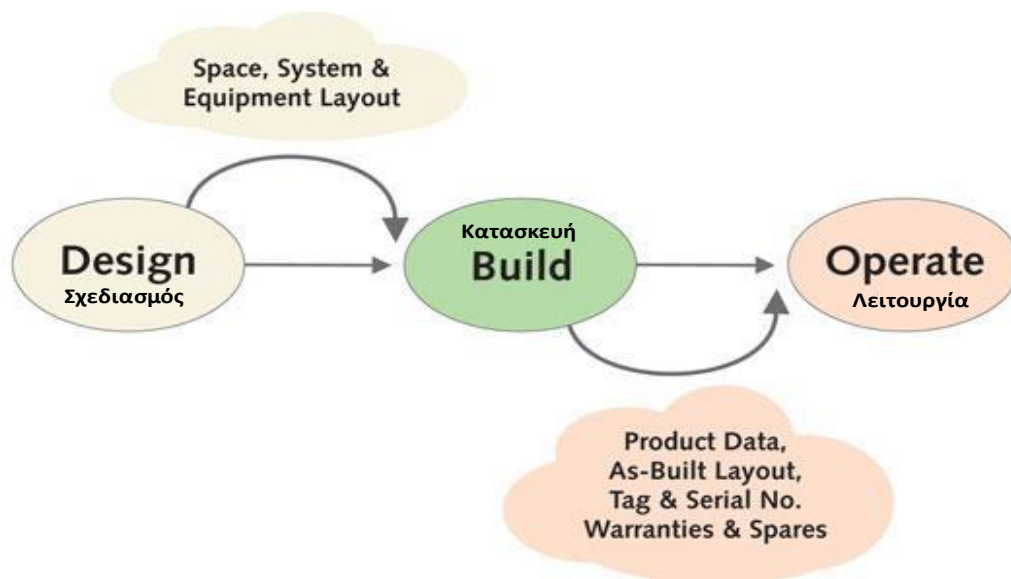
3.3 Το πρότυπο COBie (Construction-Operations Building Information Exchange) [18],[19]

Μετά την ολοκλήρωση της φάσης κατασκευής του έργου, ο ανάδοχος της κατασκευής παραδίδει το έργο στον ιδιοκτήτη του έργου. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο ιδιοκτήτης αναθέτει την τεχνική διαχείριση των εγκαταστάσεων του έργου (facility management) σε άλλη εταιρία. Αυτό σημαίνει ότι το έργο θα συντηρείται από συνεργεία που δεν γνωρίζουν επακριβώς πώς έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί το έργο, και επομένως πρέπει να τους δοθούν οι σχετικές πληροφορίες. Έτσι η συνήθης πρακτική είναι στο τέλος της κατασκευής να πρέπει να παραδοθούν δεκάδες ή εκατοντάδες κουτιά με σχέδια, εγχειρίδια, σχηματικές παραστάσεις και CDs, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για τις ανάγκες συντήρησης και λειτουργίας του έργου.

Με την τεχνολογία του Building Information Modeling καταργούνται αυτές οι επίπονες και δαπανηρές πρακτικές, διότι όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες έχουν ήδη ενσωματωθεί στο ενιαίο ψηφιακό μοντέλο του έργου που αναπτύχθηκε κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή του έργου. Οι πληροφορίες συλλέγονται και αποθηκεύονται σε πραγματικό χρόνο στο ψηφιακό μοντέλο, όπως περιγράφεται στην προηγούμενη ενότητα.

Το πρότυπο που υποστηρίζει την ενσωμάτωση στο συνολικό ψηφιακό μοντέλο του έργου και των πληροφοριών εκείνων που είναι απαραίτητες για την συντήρηση και τη λειτουργία του έργου και των εγκαταστάσεων του είναι το COBie, που σημαίνει Construction-Operations Building Information Exchange (βλ εικ. 3.5).

Το πρότυπο COBie αναπτύχθηκε από τον William East το 2007 [18], ενώ υπηρετούσε στο στρατό των ΗΠΑ, στο σώμα των μηχανικών και έχει υιοθετηθεί από τις χώρες και οργανισμούς που ενδιαφέρονται για την προώθηση της συνεργασίας και της διαλειτουργικότητας με την τεχνολογία BIM.



Εικ. 3.5: Το εύρος των πληροφοριών στη ζωή ενός έργου που καλύπτονται με το πρότυπο COBie [18]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.3^ο : Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

Με το πρότυπο COBie το σύνολο των πληροφοριών ενός έργου καταγράφεται με την κωδικοποιημένη μορφή τους σε λογιστικά φύλλα Excel. Τα λογιστικά φύλλα του COBie είναι εύκολο να τα χρησιμοποιήσουν και να τα διαχειριστούν οι τελικοί χρήστες που διαθέτουν απλά τις βασικές γνώσεις πληροφορικής, κάτι το οποίο αυξάνει τη δημοτικότητα αυτού του προτύπου.

Η εικόνα 3.6 δείχνει τη διάταξη ενός υπολογιστικού φύλλου Excel, διαμορφωμένου κατά το πρότυπο COBie, και με πολλαπλά φίλτρα για την ταξινόμηση και τη διαχείριση των διαθέσιμων πληροφοριών.

Επισημαίνεται ότι το COBie είναι ένα ανοικτό πρότυπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από σχεδόν κάθε διαθέσιμο εμπορικό λογισμικό που υποστηρίζει τεχνολογία BIM.

Ο μόνος περιορισμός είναι ότι μερικές φορές αυτός ο υπεραπλουστευμένος τρόπος παρουσίασης των πληροφοριών δεν είναι επαρκής για τη διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος που θα μπορούσε να απαιτεί και τη γεωμετρία του κτιρίου.

Name	ste	tr	TypeName	Space	Description	ExtObject	ExtIdentifier	SerialNumber	InstallationDate
Bath/Shower-1	mari	20	Bath/Shower	B204	M_Bath Tub:1525 mmx760 mm - Private:1525 mmx760 mm - Private:5	A>IfcFlowTerminal	2h405XjT83A58X7w5ki4b	VACA689	2010-04-18T09:00:00
Bath/Shower-2	mari	20	Bath/Shower	A204	M_Bath Tub:1525 mmx760 mm - Private:1525 mmx760 mm - Private:5	A>IfcFlowTerminal	1YLPOi730fvdanmaXQreg	VACA690	2010-04-18T09:00:00
Boiler-1	mari	20	Boiler	B205	M_Hot Water Boiler - 59-440 kW:147 kW:147 kW:557516	A>IfcEnergyConversionDevice	1JQu9wkd0iwNuem13F5i	357N82HJ	2010-05-10T09:00:00
Boiler-2	mari	20	Boiler	A205	M_Hot Water Boiler - 59-440 kW:147 kW:147 kW:530072	A>IfcEnergyConversionDevice	1ZpBelQPb2z91uXp6Q1dZp	357N83HJ	2010-05-10T09:00:00
Cabinet Type A-1	mari	20	Cabinet Type A	B103	M_Base Cabinet-Double Door & 2 Drawer:1000mm:1000mm:159159	A>IfcFurnishingElement	0wKEuT1wr1kOyafLY4vyMO	FGHFT685	2010-05-31T09:00:00
Cabinet Type A-10	mari	20	Cabinet Type A	A103	M_Base Cabinet-Double Door & 2 Drawer:1000mm:1000mm:162487	A>IfcFurnishingElement	20Brcmyk58NupXoVOHUVqo	FGHFT694	2010-05-31T09:00:00
Cabinet Type A-11	mari	20	Cabinet Type A	A103	M_Base Cabinet-Double Door & 2 Drawer:1000mm:1000mm:162488	A>IfcFurnishingElement	20Brcmyk58NupXoVOHUVqz	FGHFT695	2010-05-31T09:00:00
Cabinet Type A-12	mari	20	Cabinet Type A	A103	M_Base Cabinet-Double Door & 2 Drawer:1000mm:1000mm:162489	A>IfcFurnishingElement	20Brcmyk58NupXoVOHUVqy	FGHFT696	2010-05-31T09:00:00

Εικ. 3.6: Πληροφορίες του έργου σε υπολογιστικό φύλλο Excel κωδικοποιημένες κατά το πρότυπο COBie [πηγή: <http://www.architect-bim.com/what-does-openbim-ifcs-and-cobie-actually-mean-for-bim/#.V-DioTtvc1g>]

3.4 Διαλειτουργικό λογισμικό που υποστηρίζει τεχνολογία BIM

Ακολουθεί ένας κατάλογος αντιπροσωπευτικών τεχνικών λογισμικών που υποστηρίζουν την τεχνολογία BIM σε διάφορους τομείς του σχεδιασμού και της διαχείρισης ενός έργου, και τα οποία έχουν ελεγχθεί και πιστοποιηθεί ως προς την συμμόρφωσή τους με τις απαιτήσεις διαλειτουργικότητας κατά τα πρότυπα IFC και COBie [20]:

Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός

- Autodesk Revit Architecture
- Graphisoft ArchiCAD
- Nemetschek Allplan Architecture
- Gehry Technologies - Digital Project Designer
- Nemetschek Vectorworks Architect
- Bentley Architecture
- 4MSA IDEA Architectural Design (IntelliCAD)
- CADSoft Envisioneer
- Softtech Spirit
- RhinoBIM (BETA)

Βιωσιμότητα (Sustainability) – Ενεργειακή Ανάλυση

- Autodesk Ecotect Analysis
- Autodesk Green Building Studio
- Graphisoft EcoDesigner
- IES Solutions Virtual Environment VE-Pro
- Bentley Tas Simulator
- Bentley Hevacomp
- DesignBuilder

Στατική Ανάλυση

- Autodesk Revit Structure
- Bentley Structural Modeler
- Bentley RAM, STAAD and ProSteel
- Tekla Structures
- CypeCAD
- Graytec Advance Design

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.3^ο : Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

- StructureSoft Metal Wood Framer
- Nemetschek Scia
- 4MSA Strad and Steel
- Autodesk Robot Structural Analysis

Μηχανολογικά, Ηλεκτρολογικά, Υδραυλικά

- Autodesk Revit MEP
- Bentley Hevacomp Mechanical Designer
- 4MSA FineHVAC + FineLIFT + FineELEC + FineSANI
- Gehry Technologies - Digital Project MEP Systems Routing
- CADMEP (CADduct / CADmech)

Κατασκευή (προσομοίωση, προγραμματισμός και κοστολόγηση)

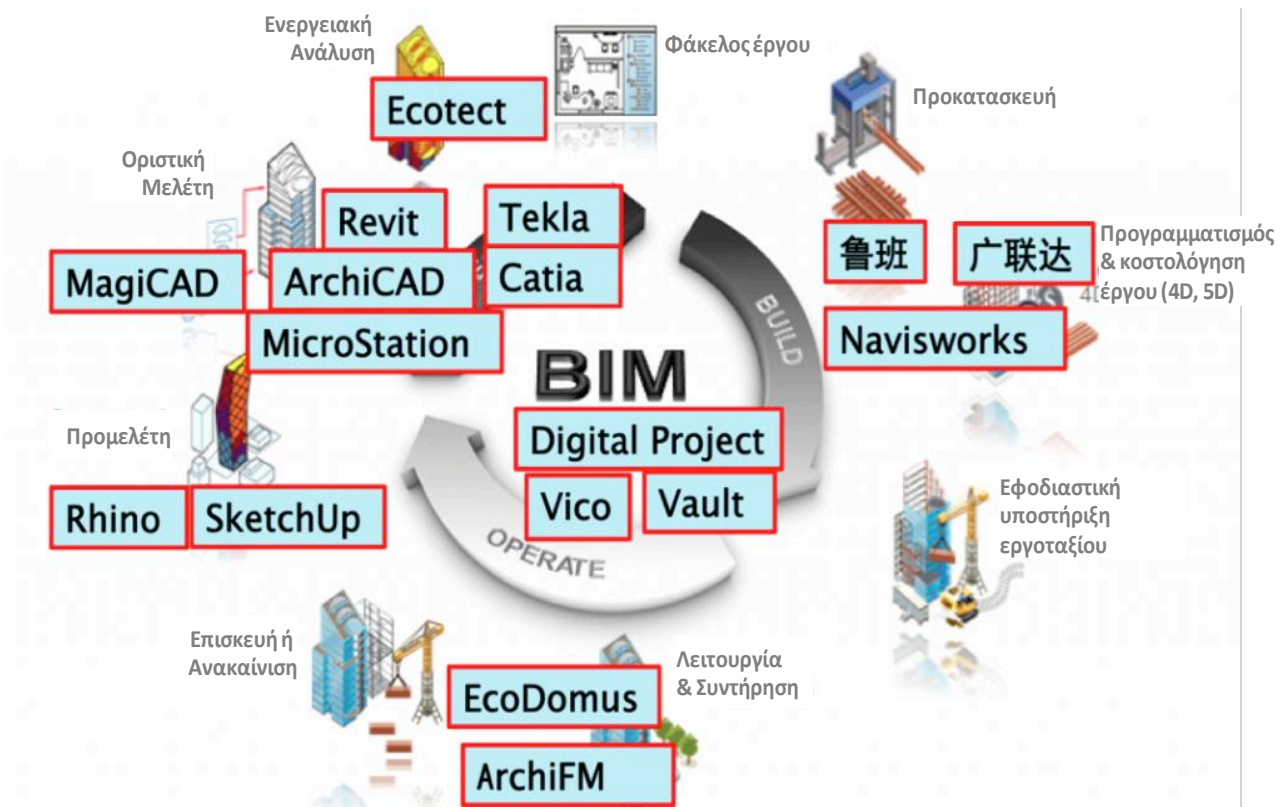
- Autodesk Navisworks
- Solibri Model Checker
- Vico Office Suite
- Vela Field BIM
- Bentley ConstrucSim
- Tekla BIMSight
- Glue (by Horizontal Systems)
- Synchro Professional
- Innovaya

Διαχείριση Εγκαταστάσεων και λειτουργίας – Facility Management

- Bentley Facilities
- FM:Systems FM:Interact
- Vintocon ArchiFM (For ArchiCAD)
- Onuma System
- EcoDomus

Στην εικόνα 3.7 φαίνεται η χρήση διαλειτουργικού λογισμικού στις διάφορες φάσεις ανάπτυξης ενός έργου και για διαφορετικές ανάγκες [20].

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.3^ο : Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

Εικ. 3.7: Οι διάφορες εφαρμογές διαλειτουργικού λογισμικού BIM σε όλο τον κύκλο ζωής ενός έργου[20]

3.5 Πεδία εφαρμογής της τεχνολογίας BIM

Δεδομένου ότι το BIM χρησιμοποιείται ήδη σε μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως φαίνεται και στην προηγούμενη ενότητα, είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν εκ των προτέρων οι χρήσεις οι οποίες πρόκειται να γίνουν σε ένα μοντέλου BIM κατά τη διαδικασία υλοποίησης ενός έργου. Μία τέτοια προσπάθεια κωδικοποίησης των χρήσεων έχει πραγματοποιηθεί από την μη κερδοσκοπική πρωτοβουλία BIM Excellence (www.bimexcellence.com) η οποία δημιούργησε και ένα διαδικτυακό λεξικό όρων BIM το BIM dictionary.[21]

Το BIM dictionary (www.bimdictionary.com) είναι ένα διαδικτυακό εργαλείο και αποτελεί το πρώτο βήμα του γενικού στόχου της πρωτοβουλίας αυτής, ο οποίος είναι η δημιουργία μιας κοινής γλώσσας για την πλήρη ψηφιοποίηση των διαδικασιών παραγωγής τεχνικών έργων. Το λεξικό BIM αναπτύσσεται και συντηρείται από την οργάνωση Change Agents της Αυστραλίας, ο οποίος ασχολείται με την προώθηση του BIM, και είναι βασισμένο στη δημοσιευμένη έρευνα του Dr. Bilal Succar. Ακολούθως παρατίθεται ένας κατάλογος με τα πεδία εφαρμογής του BIM και την κωδικοποίησή τους η οποία διατίθεται και στην από την ιστοσελίδα www.bimthinkspace.com η οποία αποτελεί μέρος του BIM Excellence και ένα από τα μεγαλύτερα blog ενημερωμένων χρηστών του Building Information Modeling.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.3^ο : Η διαλειτουργικότητα ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας BIM

Table 1. Partial Model Uses List (Domain Model Uses - v0.73, Sep 8, 2015)

CODE	MODEL USES	CODE	MODEL USES
Series 2: Capturing and Representing (2000-2990), synonyms not listed			
2010	2D Documentation	2060	Photogrammetry
2020	3D Detailing	2070	Record Keeping
2030	As-constructed Representation	2080	Surveying
2040	Generative Design	2090	Visual Communication
2050	Laser Scanning		
Series 3: Planning and Designing (3000-3990), synonyms not listed			
3010	Conceptualization	3070	Lift Planning
3020	Construction Planning	3080	Operations Planning
3030	Demolition Planning	3090	Selection and Specification
3040	Design Authoring	3100	Space Programming
3050	Disaster Planning	3120	Urban Planning
3060	Lean Process Analysis	3130	Value Analysis
Series 4: Simulating and Quantifying (4000-4990), synonyms not listed			
4010	Accessibility Analysis	4140	Reflectivity Analysis
4020	Acoustic Analysis	4150	Risk and Hazard Assessment
4030	Augmented Reality Simulation	4160	Safety Analysis
4040	Clash Detection	4170	Security Analysis
4050	Code Checking & Validation	4180	Site Analysis
4060	Constructability Analysis	4190	Solar Analysis
4070	Cost Estimation	4200	Spatial Analysis
4080	Egress and Ingress Analysis	4210	Structural Analysis
4090	Energy Use	4220	Sustainability Analysis
4100	Finite Element Analysis	4230	Thermal Analysis
4110	Fire and Smoke Simulation	4240	Virtual Reality Simulation
4120	Lighting Analysis	4250	Whole modular Analysis
4130	Quantity Take-off	4260	Wind Studies
Series 5: Constructing and Fabricating (5000-5990), synonyms not listed			
5010	3D Printing	5050	Construction Logistics
5020	Architectural Modules Prefabrication	5060	Mechanical Assemblies Prefabrication
5030	Casework Prefabrication	5070	Sheet Metal Forming
5040	Concrete Precasting	5080	Site Set-outs
Series 6: Operating and Maintaining (6000-6990), synonyms not listed			
6010	Asset Maintenance	6050	Handover and Commissioning
6020	Asset Procurement	6060	Relocation Management
6030	Asset Tracking	6070	Space Management
6040	Building Inspection		
Series 7: Monitoring and Controlling (7000-7990), synonyms not listed			
7010	Building Automation	7030	Performance Monitoring
7020	Field BIM	7040	Real-time Utilization
Series 8: Linking and Extending (8000-8990), synonyms not listed			
8010	BIM/Spec Linking	8050	BIM/IOT Interfacing
8020	BIM/ERP Linking	8060	BIM/PLM Overlapping
8030	BIM/FM Integration	8070	BIM/Web-services Extension
8040	BIM/GIS Overlapping		

Εικ. 3.7: Το πεδία εφαρμογής της τεχνολογίας BIM και η κωδικοποίησή τους [21]

Κεφάλαιο 4ο

Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση στοιχείων από έρευνες σχετικά με τη χρήση του BIM ανά τον κόσμο, και αναφέρονται οι πολιτικές προώθησης που εφαρμόζουν διάφορες χώρες καθώς και σχετικές δράσεις διεθνών οργανισμών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται προγράμματα εκπαίδευσης στην τεχνολογία BIM σε διάφορες χώρες και σχετικές πρωτοβουλίες.

4.1 Η ευρεία χρήση του BIM και η ανάγκη εισαγωγής του στην εκπαίδευση

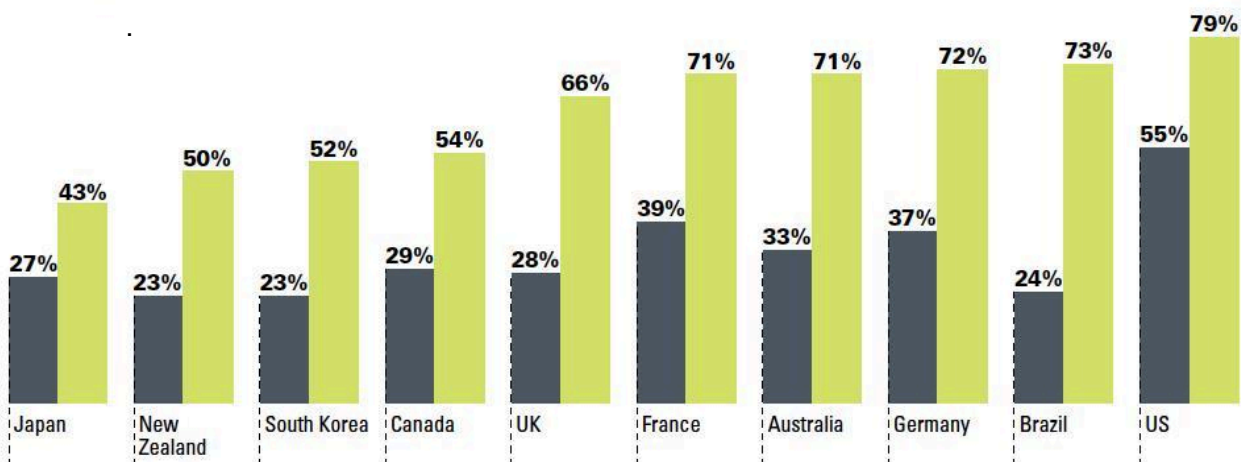
Η χρήση του BIM διεθνώς βρίσκεται σε άνοδο καθώς η υιοθέτησή του από τη βιομηχανία των κατασκευών συνεχώς αυξάνεται. Οι κυβερνήσεις πολλών χωρών, αλλά και ιδιωτικοί οργανισμοί συμμετέχουν ενεργά στην προώθηση και την θεσμοθέτησή του για να επιτύχουν τη μείωση του χρόνου και του κόστους των κατασκευών σε συνδυασμό με βελτίωση της ποιότητας. Γι' αυτό το λόγο οι επαγγελματίες στο χώρο των κατασκευών υποστηρίζουν ότι είναι αναγκαία και η εισαγωγή του BIM στα ακαδημαϊκά προγράμματα. Η εκπαίδευση, ιδιαίτερα στα ΑΕΙ, θα μπορούσε να είναι μία καλή ευκαιρία για μια αρχική «γνωριμία» με τη νέα αυτή τεχνολογία και για την εξοικείωση των φοιτητών με τις δυνατότητες του BIM, ώστε να είναι ικανοί να παρακολουθήσουν την εξέλιξη του κατά την επαγγελματική τους σταδιοδρομία.

Στην εικ 4.1 παρουσιάζονται στοιχεία για χρήση του BIM σε διεθνές επίπεδο [13]

Percentage of Contractors at High/Very High BIM Implementation Levels (By Country)

Source: McGraw Hill Construction, 2013

■ 2013 ■ 2015



Εικ.4.1: Ποσοστό εφαρμογής του BIM στον κατασκευαστικό τομέα ανά χώρα [13]

4.2 Η εφαρμογή του BIM διεθνώς

Η διάδοση της τεχνολογίας BIM έχει πραγματοποιηθεί σταδιακά μέσα τα τελευταία 10 χρόνια τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο. Ωστόσο, η αναγνώριση των πλεονεκτημάτων του και η υιοθέτησή του δεν βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλες τις χώρες. Κάθε χώρα δημιουργεί τους δικούς της κανονισμούς, προϋποθέσεις και διαδικασίες, ανάλογα με τις ανάγκες της και την ωριμότητα των χρηστών.

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποίησε ο εκδοτικός οίκος Mc GRAW Hill Constructions το 2014 [13] (βλ. εικόνα 4.2) το 11% των κατασκευαστικών εταιριών σε χώρες της ΕΕ, όπως η Γαλλία, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιούν το BIM για περισσότερο από 6-10 χρόνια, ενώ σε χώρες όπως η Βραζιλία το ποσοστό χρήσης του BIM είναι πολύ μεγαλύτερο (70%) για τα τελευταία μόνο 2 χρόνια.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά, όπου η εξέλιξη ήταν ραγδαία, το 36% των κατασκευαστικών εταιριών εφαρμόζει το BIM για πάνω από 6-10 χρόνια.

Length of Time Contractors Have Been Using BIM (By Region/Country)

Source: McGraw Hill Construction, 2013

■ 1–2 Years ■ 3–5 Years ■ 6–10 Years ■ 11 or More Years

US & Canada



Japan & South Korea



Australia & New Zealand



UK, France & Germany



Brazil



Εικ. 4.2: Κατασκευαστικές εταιρίες που χρησιμοποιούν το BIM τα τελευταία 1-15 χρόνια [13]

Φυσικά εκείνο που διαφοροποιεί την κάθε χώρα δεν είναι μόνο το ποσοστό χρήσης και η διάρκεια, αλλά και το πλήθος των πεδίων στα οποία βρίσκει εφαρμογή η τεχνολογία BIM.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

Στην παρακάτω εικόνα (εικ. 4.3) [13] φαίνεται το ποσοστό χρήσης του BIM για κτηριακά έργα (εμπορικά κτήρια, εκπαιδευτικά ιδρύματα, κατοικίες κλπ) και για βιομηχανικά έργα και έργα υποδομής.

Στο τομέα των κτηριακών έργων οι περισσότερες χώρες εφαρμόζουν το BIM κυρίως για εμπορικά κτήρια, ενώ η Γερμανία στρέφεται στη νέα αυτή τεχνολογία και για την οικοδόμηση συγκροτημάτων κατοικιών. Οι Ηνωμένες Πολιτείες κατέχουν πολύ μεγάλο ποσοστό σε σχέση με τις υπόλοιπες στην χρήση του BIM και για κατασκευή εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, νοσοκομείων αλλά και δημόσιων και κυβερνητικών κτηρίων.

Στον τομέα των βιομηχανικών έργων, η Ιαπωνία, βρίσκεται και πρώτη θέση στην υιοθέτηση του BIM με ποσοστό 47%. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι το Ηνωμένο Βασίλειο εφαρμόζει την τεχνολογία BIM σε ποσοστό 33% για έργα υποδομής, ενώ οι Ηνωμένες Πολιτείες κατέχουν ένα πολύ μικρότερο ποσοστό της τάξης του 14%.

Percentage of Contractors That Are Using BIM on Specific Project Types (By Country)

Source: McGraw Hill Construction, 2013

Building Projects	Over 40%				30% to 40%		15% to 29%		Under 15%	
	UK	France	Germany	US	Canada	Brazil	Japan	South Korea	Aus/NZ	
Commercial (Offices, Retail, Hotels)	69%	68%	59%	66%	54%	53%	63%	48%	70%	
Institutional (Education, Healthcare, Religious)	61%	32%	31%	77%	41%	31%	23%	35%	39%	
Government/Publicly Owned (Courthouses, Embassies, Civic/Sports and Convention)	54%	10%	22%	68%	44%	12%	0%	51%	37%	
Multifamily Residential	33%	35%	44%	18%	26%	19%	23%	20%	26%	
Single Family Residential	17%	19%	22%	1%	10%	16%	0%	1%	4%	
Non-Building Projects										
	UK	France	Germany	US	Canada	Brazil	Japan	South Korea	Aus/NZ	
Infrastructure (Roads, Bridges, Tunnels, Dam, Water/Wastewater)	33%	19%	16%	14%	31%	28%	13%	24%	25%	
Industrial/Manufacturing	26%	23%	19%	35%	36%	31%	47%	24%	34%	
Industrial/Energy (Primary Power Generation, Oil/Gas Facilities)	20%	13%	3%	18%	28%	12%	0%	21%	16%	
Mining/Natural Resources	6%	0%	0%	4%	18%	6%	0%	1%	11%	

Εικ. 4.3: Ποσοστό εφαρμογής του BIM από κατασκευαστικές εταιρίες σε κάθε χώρα ανάλογα με το είδος του έργου [13]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

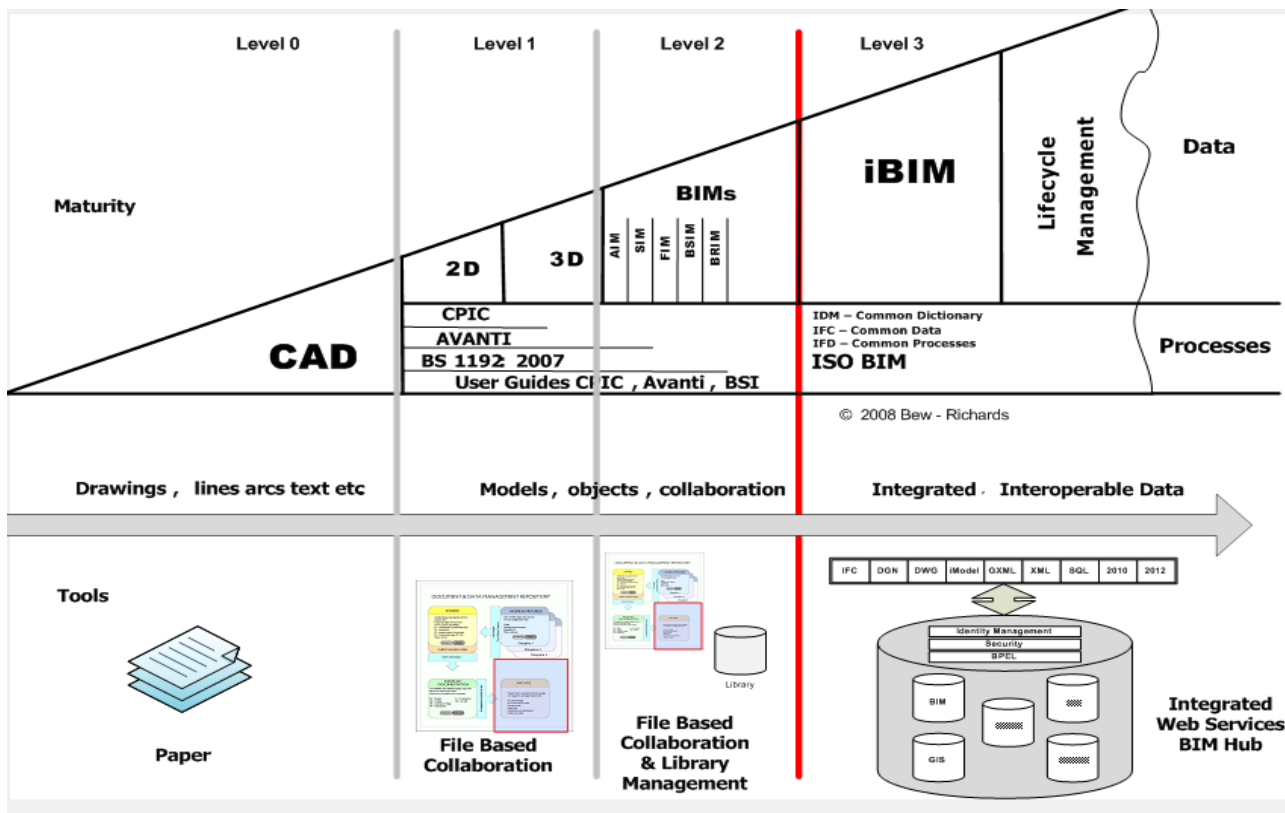
4.2.1 Πολιτικές προώθησης της υιοθέτησης του BIM

Οι πολιτικές προώθησης της υιοθέτησης του BIM αποσκοπούν στην ενημέρωση όλων μερών που συμμετέχουν στην κατασκευή, από τον αρχιτέκτονα και τον εργολάβο μέχρι και τον ιδιοκτήτη, για τον τρόπο καλύτερης αξιοποίησης αυτής της τεχνολογίας. Σε ορισμένες χώρες, όπως π.χ. το Ην. Βασίλειο, η χρήση του BIM είναι υποχρεωτική από τον Απρίλιο του 2016 για την μελέτη και κατασκευή δημοσίων έργων, όπως περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

4.2.1.1 Ηνωμένο Βασίλειο

Η εφαρμογή του BIM προωθείται μέσω της Εθνικής Στρατηγικής για τον τομέα των Κατασκευών (UK Government Construction Strategy-GCS) που δημοσιεύθηκε το Μάιο του 2011 [22]. Η στρατηγική αυτή θέτει ως ελάχιστη απαίτηση τη χρήση των συνεργατικών διαδικασιών του 3D BIM και τη συγκέντρωση σε ηλεκτρονική μορφή όλων των στοιχείων των δημόσιων έργων από τον Απρίλιο του 2016. Αναμφισβήτητα, η εκπλήρωση αυτών των απαιτήσεων σε 5 χρόνια ήταν μεγάλη πρόκληση όχι μόνο για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις αλλά και για τις κορυφαίες κατασκευαστικές εταιρίες της χώρας. Από τον Απρίλιο του 2016, είναι πλέον υποχρεωτική η χρήση του BIM και η εφαρμογή του 2^{ου} επιπέδου ανάπτυξης σε όλα τα δημόσια έργα (βλ εικ. 4.4).

Στη συνέχεια δίνεται μία συνοπτική επεξήγηση του 2^{ου} επιπέδου ανάπτυξης του BIM.



Εικ. 4.4: Τα επίπεδα ανάπτυξης (ή ωριμότητας) της τεχνολογίας BIM [πηγή: <http://www.bimthinkspace.com/bim-maturity/>]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμοΤο 2^ο επίπεδο ανάπτυξης του BIM:

Το επίπεδο αυτό χαρακτηρίζεται από συνεργατικές διαδικασίες μεταξύ των ομάδων του έργου. Κάθε ομάδα που εργάζεται σε ένα έργο χρησιμοποιεί το δικό της 3D ψηφιακό μοντέλο και όχι κατ' ανάγκη ένα κοινό ενιαίο μοντέλο. Η συνεργασία έχει να κάνει με το πως διεξάγεται η ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων μεταξύ των ομάδων και είναι η κρίσιμη πτυχή αυτού του επιπέδου. Οι σχεδιαστικές πληροφορίες κάθε μελέτης διανέμονται και κοινοποιούνται χάρη σε έναν κοινό μορφότυπο αρχείου που υπακούει στα πρότυπα IFC ή COBie, κάτι το οποίο επιτρέπει σε κάθε ομάδα να συνδυάσει αυτά τα δεδομένα με τα δικά της, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ενοποιημένο μοντέλο BIM, με τη συναρμογή των ψηφιακών μοντέλων των επιμέρους μελετών. Ως εκ τούτου, οποιοδήποτε λογισμικό CAD που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι σε θέση να εξάγει τα αποτελέσματα της μελέτης σε μία από τις μορφές αρχείων, όπως η IFC ή COBie.[23]

4.2.1.2 Υπόλοιπες χώρες

Στην Ευρώπη οι πρώτες χώρες που ξεκίνησαν την εφαρμογή του BIM μέσω υποχρεωτικής οδηγίας για τα δημόσια έργα ήταν η Νορβηγία (2005), η Δανία (2007) και η Φιλανδία (2007). Στο ίδιο πλαίσιο κινήθηκαν και η Σιγκαπούρη (2012) και η Βόρεια Κορέα (2011) αλλά περιόρισαν την υποχρεωτική εφαρμογή με σχετική εθνική νομοθεσία σε όλα τα δημόσια κτήρια άνω των 20.000 τ.μ. και προϋπολογισμού άνω των 27,6 εκατομμυρίων δολαρίων αντίστοιχα (βλ εικ. 4.5 [24])

Countries with BIM national mandates			
Country	Building size or budget	BIM data required	Date
Denmark	5M for national projects 20M for regional projects	Project lifecycle	2007/2013
Finland	all national projects	Project lifecycle	2007/2012
Norway	all national projects	architecture and handover	2005/2013
Singapore	all new buildings over 20.000sq.m	architecture and engineering	2012
South Korea	all buildings over 27.6M	architecture and property	2010
UK	all national projects	Project lifecycle	2011

Source: McGraw Hill Construction 2014

Εικ. 4.5: Οι χώρες με νομοθετημένη υποχρέωση χρήσης του BIM για το δημόσια έργα [24]

Τέλος, η Γαλλία, τον Δεκέμβριο του 2014 ανακοίνωσε την εφαρμογή ενός εθνικού προγράμματος για την ψηφιοποίηση των κατασκευών, το «Plan transition numérique» [25]. Στόχος του προγράμματος αυτού είναι η εφαρμογή μιας σειράς διαρθρωτικών αλλαγών για την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου ψηφιακού περιβάλλοντος εργασίας, που θα καταστήσει δυνατή τη διαλειτουργικότητα και την χρήση του BIM στον τομέα των κατασκευών.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

4.2.2 Πρωτόκολλα και Οδηγίες διεθνών Οργανισμών

Οι Ηνωμένες Πολιτείες ήταν η πρώτη χώρα που συνέταξε οδηγούς χρήσης του BIM και καθιέρωσε τη σύναψη πρωτοκόλλων συνεργασίας μεταξύ των ομάδων ενός έργου που πρόκειται να εφαρμόσουν τεχνολογία BIM.

Ένας τέτοιος οδηγός εκδόθηκε ήδη από το 2003 από τον οργανισμό GSA (General Services Administration) (βλ εικ. 4.6), που είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση όλων των δημοσίων κτηρίων της χώρας. Ο οργανισμός αυτός παρέχει σήμερα μία πληθώρα οδηγιών και χρήσιμου υλικού για τη χρήση του BIM στον δημόσιο τομέα.

GSA

BIM Guide

Εικ.4.6: Από την ιστοσελίδα του GSA [www.gsa.gov]

Άλλες χώρες στις οποίες η τεχνολογία BIM υποστηρίζεται και προωθείται μέσω εθνικών οδηγιών και προτύπων, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (βλ εικ. 4.7) από την έρευνα της εταιρίας Mc GRAW Hill Constructions το 2014 [24], είναι η Αυστραλία, η Κίνα, η Γαλλία, το Χονγκ Κονγκ, η Μαλαισία και η Ιαπωνία.

Countries with BIM guidelines, standards,handbooks and future plans			
Country/agency	Guidelines	Purpose	Date
Australia , (Procurement and Construction Council)	national BIM guide	construction industry	2011
China ,(Ministry of Science and Technology)	n/a	national BIM standard by 2016	n/a
France , (Ministry of sustainable development and Ministry for Territories)	n/a	BIM road map by 2014	n/a
Germany , (Federal office for building and planning)	BIM guide for Germany	guide serve as structure for future national mandate	n/a
Hong Kong , (Committee on environment and technology)	BIM standards, libraries	BIM for the design stage until 2014/15	n/a
Japan , (Ministry of Land Infrastructure, Transport and Tourism)	Guidelines for BIM architectural	Japan Institute of Architects put forth its own BIM guidelines in 2012	2013
Malaysia , (Public Works Department)	n/a	BIM industry adoption through education	n/a
New Zealand , (Ministry of Business, Innovation and Employment)	BIM handbook	BIM industry adoption	2014

Source: McGraw Hill Construction 2014

Εικ. 4.7: Χώρες όπου η εφαρμογή του BIM προωθείται με εθνικές οδηγίες και πρότυπα [24]

Εκτός από τις εθνικές κρατικές πρωτοβουλίες, δημιουργήθηκαν και πολλοί εθνικοί και υπερ-εθνικοί οργανισμοί που ανέπτυξαν οδηγίες και πρακτικές για την εφαρμογή της τεχνολογίας BIM.

Οι οργανισμοί αυτοί συγκροτήθηκαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και καταβάλλουν μεγάλες προσπάθειες να συγκροτήσουν ένα διεθνές πρότυπο για το BIM. Αυτές είναι το European Union BIM Task Group και το Building Smart International με εθνικά παραρτήματα σε πολλές χώρες αλλά όχι ακόμα στην Ελλάδα.

European BIM Task Group (βλ εικ. 4.8)

Το EU BIM Task Group είναι μία πρόσφατη πρωτοβουλία, μία πανευρωπαϊκή προσέγγιση για τη βέλτιστη εφαρμογή του BIM. Απαρτίζεται από τις ακόλουθες χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης: Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ισλανδία, Ολλανδία, Ιταλία, Νορβηγία, Πορτογαλία, Σλοβακία, Σουηδία και Ηνωμένο Βασίλειο.

Στόχος της ένωσης αυτής είναι να συγκεντρώσει τις εθνικές προσπάθειες των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε μία κοινή προσέγγιση αναβάθμισης του κατασκευαστικού τομέα με τη συμβολή του BIM, ώστε να μπορεί να σταθεί επτάξια στη συνεχώς εξελισσόμενη παγκόσμια οικονομία. Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για να δημιουργήσει ένα κοινό δίκτυο επικοινωνίας και χρήσης του BIM στα δημόσια έργα. Το Φεβρουάριο του 2016 διεξήχθη η πρώτη συνδιάσκεψη του EU BIM Task Group και έχουν προγραμματιστεί συνέδρια σε ολόκληρη την Ευρώπη για να γίνουν γνωστές οι στόχοι του και τα σχέδια δράσεις του.[26]



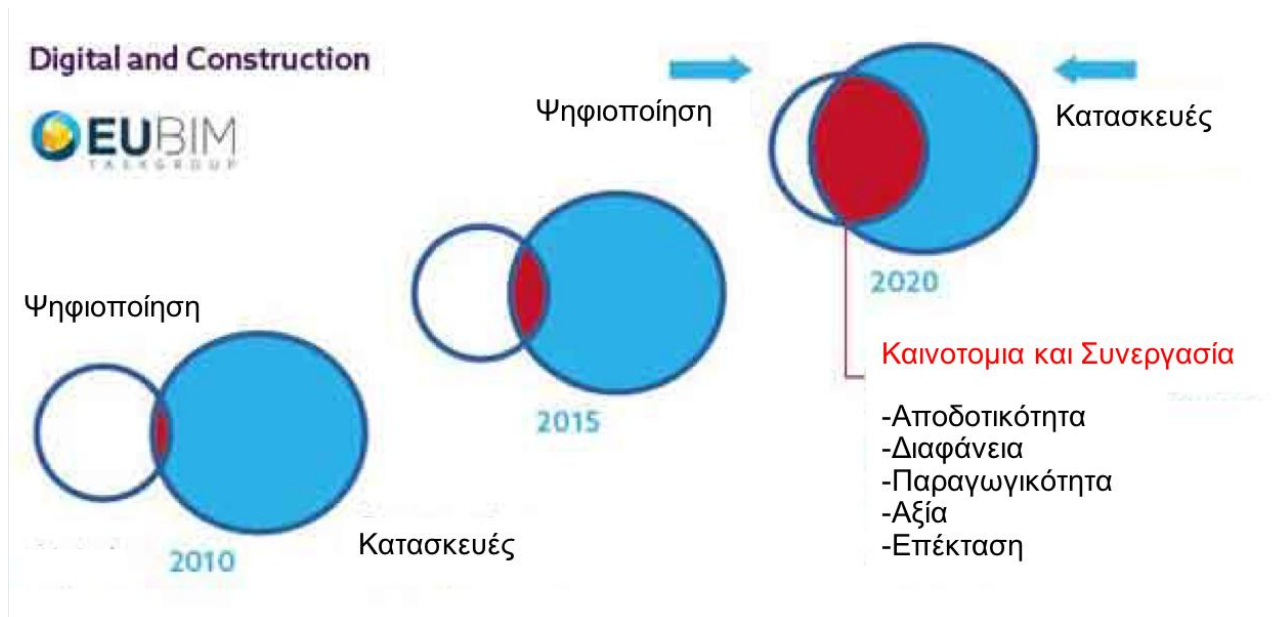
Co-funded
by the
European Union

Εικ. 4.8: Από την επίσημη ιστοσελίδα του EU BIM Task Group [www.eubim.eu]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

Προγραμματίζεται να ξεκινήσει ένας μεγάλος αριθμός σχετικών δράσεων μέσα στην περίοδο 2016 έως 2020 και αναμένεται ότι ένα σημαντικό μέρος της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας κατασκευών θα μετατοπιστεί προς την πλήρη ψηφιοποίηση των διαδικασιών κατασκευής έργων (βλ εικ. 4.9) μέσω της εφαρμογής του BIM με πολλαπλά οφέλη για το δημόσιο τομέα όπως η υψηλή παραγωγικότητα και το καλύτερο αποτέλεσμα με μικρότερο κόστος.[27]



Εικ. 4.9: Ο στόχος του EU BIM Task Group: η πλήρης ψηφιοποίηση των διαδικασιών υλοποίησης τεχνικών έργων [27]

Building Smart International (βλ εικ. 4.10)

Είναι ένας διεθνής μη κερδοσκοπικός οργανισμός που ιδρύθηκε πριν από περίπου 20 χρόνια με σκοπό να ανταποκριθεί στις νέες απαιτήσεις του τομέα των κατασκευών και των υποδομών. Ξεκίνησε με πρωτοβουλία της Autodesk για την προώθηση της διαλειτουργικότητας με την ανάπτυξη ανοιχτών προτύπων διαλειτουργικότητας όπως το IFC. Αρχικό του όνομα ήταν International Alliance for Interoperability (IAI) δηλαδή Διεθνής Συμμαχία για τη Διαλειτουργικότητα.



Εικ. 4.10: Το λογότυπο από την επίσημη ιστοσελίδα του buildingSMART [www.buildingsmart.org]

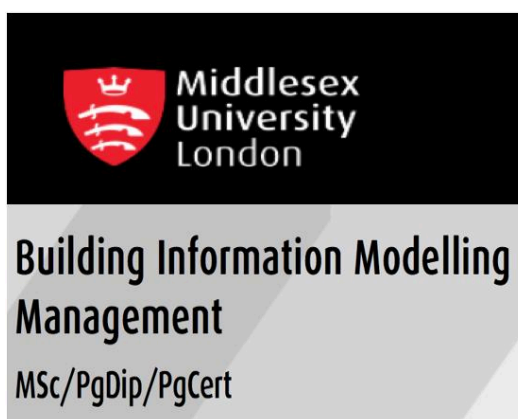
Το δεύτερο συνθετικό του ονόματος του οργανισμού, smart=έξυπνος, και αντικατοπτρίζει τον τρόπο με τον οποίο ο οργανισμός αυτός πιστεύει ότι πρέπει να εξελιχθεί ο κατασκευαστικός τομέας, δηλαδή με ευφυΐα, διαλειτουργικότητα και συνεργασία. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο ο οργανισμός αυτός δημιούργησε το πρότυπο IFC, το οποίο συνεχίζει να αναβαθμίζει, ενώ συνεχίζει να αναπτύσσει και άλλα πρότυπα. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού συνεργάζεται με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης ISO (International Organization for Standardization-ISO).[28]

4.3 Η εκπαίδευση στην τεχνολογία BIM σε διάφορες χώρες[29]

Ακολουθεί η παρουσίαση των πρωτοβουλιών και ενεργειών ορισμένων χωρών για την εισαγωγή του BIM στα εκπαιδευτικά τους προγράμματα.

Ηνωμένο Βασίλειο

Το BIM είναι ευρέως διαδεδομένο σε πολλά ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης τόσο σε επίπεδο προ-πτυχιακών αλλά και μεταπτυχιακών σπουδών. Μεγάλα και διεθνή πανεπιστήμια όπως π.χ. το Middlesex University και το University of Liverpool έχουν δείξει το ενδιαφέρον τους και αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα εκπαίδευσης επαγγελματιών στην τεχνολογία BIM προσφέροντας προγράμματα μεταπτυχιακών σπουδών εξ' ολοκλήρου βασισμένα σε αυτήν (βλ εικ.4.11). Το λογισμικό που χρησιμοποιείται από τα ανώτατα ιδρύματα γι' αυτό το σκοπό είναι το Navisworks, το Revit και το Sketch up.



*Εικ. 4.11: Μεταπτυχιακά προγράμματα από τις ιστοσελίδες των πανεπιστημίων [πηγή:
<http://www.mdx.ac.uk/courses/postgraduate/building-information-modelling-management>,
<https://www.liverpool.ac.uk/study/postgraduate/taught/bim-msc/overview/>]*

Το 2011 συγκροτήθηκε στη ΜΒ το Ακαδημαϊκό forum για το BIM (BIM Academic Forum-BAF) που αποτελείται από μία ομάδα εκπροσώπων μεγάλων πανεπιστημίων της χώρας με στόχο την ενίσχυση και την προώθηση της διδασκαλίας του BIM και σύνδεσή της με τις εξελίξεις της βιομηχανίας. [www.bimtaskgroup.org/bim-academic-forum-uk/]



Άλλοι οργανισμοί εκτός των πανεπιστημίων που παρέχουν εκπαιδευτικά προγράμματα για την τεχνολογία του Building Information Modeling είναι μεταξύ άλλων:

- Construction Industry Training Board (CITB) [www.citb.co.uk]
- Institution of Civil Engineers (ICE) [www.ice.org.uk]
- Building Design (BD) [www.bdonline.co.uk]
- Building Research Establishment (BRE) [www.bre.co.uk].

Αυστραλία

Υπάρχουν 30 πανεπιστήμια τα οποία είναι πιστοποιημένα να παρέχουν προπτυχιακές σπουδές σχετικά με το BIM σε μία τουλάχιστον από τις κατευθύνσεις Αρχιτεκτονικής, Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανολόγων Μηχανικών, ενώ 10 από αυτά προάγουν την εκμάθησή του σε όλες τις παραπάνω κατευθύνσεις. Ιδιαίτερα στα προγράμματα Διαχείρισης Τεχνικών Έργων και Κατασκευών η εκπαίδευση στην τεχνολογία BIM έχει εισαχθεί από πολύ νωρίς.

Μία σημαντική πρωτοβουλία ανέλαβε η κυβέρνηση της Αυστραλίας και συγκεκριμένα το Υπουργείο Παιδείας (Office of Learning and Teaching-OLT), προωθώντας ένα έργο με όνομα CodeBIM (Collaborative Building Design Education using BIM) με συμμετοχή 3 πανεπιστημίων (University of South Australia - UniSA, University of Newcastle - UoN and University of Technology, Sydney). Το έργο αυτό είχε ως σκοπό να εξετάσει κατά πόσο η τεχνολογία BIM μπορεί να βελτιώσει το σχεδιασμό και τη διαχείριση ενός έργου και πώς θα επιτευχθεί η καλύτερη εφαρμογή της στα προγραμμάτων σπουδών [30].

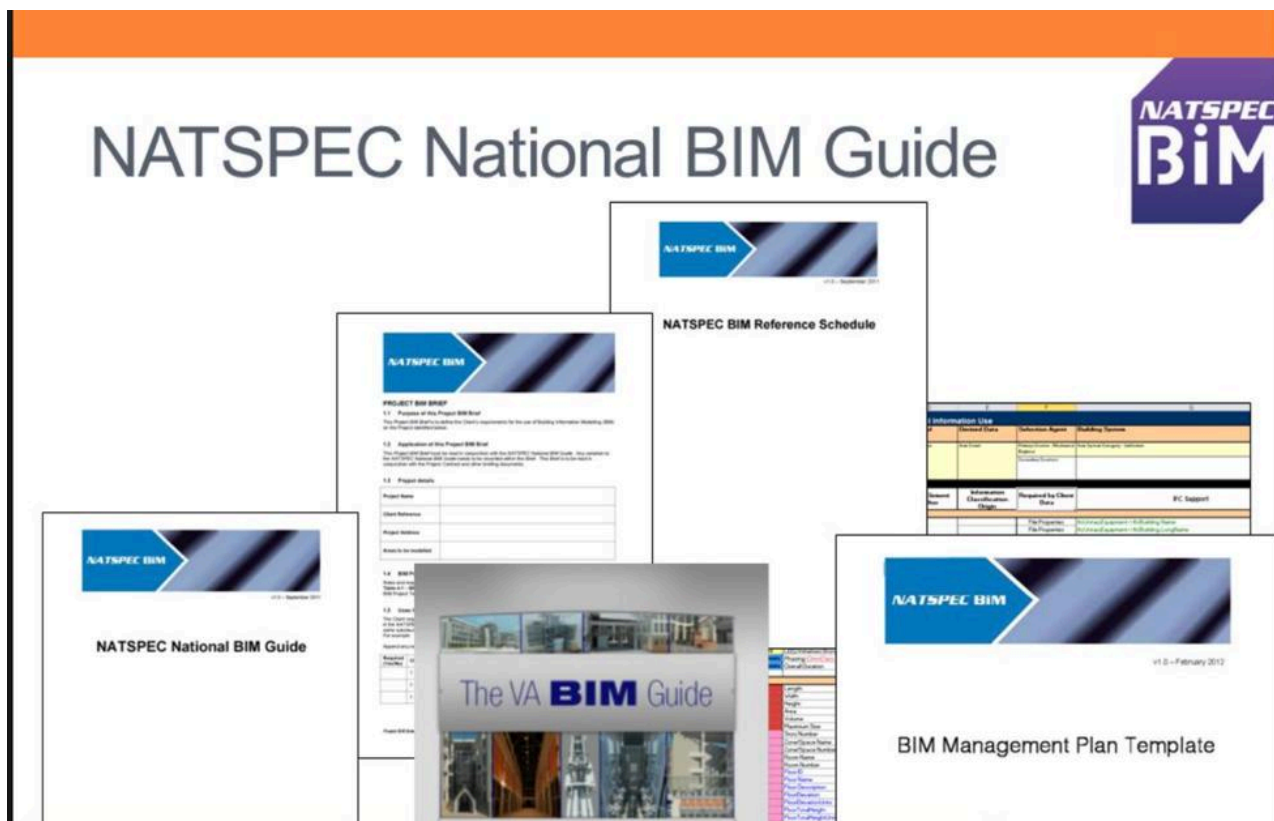
Εξαιρετική είναι επίσης η συμβολή του μη κερδοσκοπικού οργανισμού NATSPEC [www.natspec.com.au] (βλ εικ. 4.12), του οποίου σκοπός είναι η βελτίωση της ποιότητας των κατασκευών με προσανατολισμό προς το BIM. Συγκεκριμένα:

- Προσφέρει εκπαιδευτικό υλικό για την εισαγωγή στην τεχνολογία BIM σε προπτυχιακούς φοιτητές τα τελευταία 5 χρόνια.
- Δημιούργησε μία σειρά οδηγών, προτύπων και πρωτοκόλλων εφαρμογής του BIM για τη δημιουργία και τη διαχείριση ενός έργου τα οποία εφαρμόζονται πλέον σε πολύ μεγάλο ποσοστό σε ολόκληρη τη χώρα.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

- Παρέχει σεμινάρια για την χρήση των παραπάνω
- Αποτελεί πηγή γνώσης και πληροφοριών μέσω της ιστοσελίδας του (βλ εικ. 4.12) η οποία ανανεώνεται συνεχώς



Εικ. 4.12: Τα πρότυπα έγγραφα και οι οδηγοί που προσφέρει ο NATSPEC <http://bim.natspec.org>

Κίνα

Ένα από τα μεγαλύτερα τεχνολογικά πανεπιστήμια της χώρας το South China University of Technology (SCUT) (βλ εικ.4.13), έχει αναλάβει ηγετικό ρόλο στην εκπαίδευση για τη χρήση του BIM κατά το σχεδιασμό οικοδομικών έργων. Ήδη από το 2005, το τμήμα Αρχιτεκτονικής αυτού του πανεπιστημίου έχει δημιουργήσει ένα εργαστήριο για την εκπαίδευση και τη συνεχιζόμενη κατάρτιση φοιτητών και επαγγελματιών στην τεχνολογία BIM. Το εργαστήριο αυτό χρησιμοποιείται επίσης από το εκπαιδευτικό προσωπικό για έρευνα και δημοσιεύσεις σχετικά με το θεωρητικό υπόβαθρο και τις πρακτικές εφαρμογές του BIM. [31]

Εικ. 4.13: Λογότυπο πανεπιστημίου [www.en.scut.edu.cn]

Εκπαιδευτικά προγράμματα παρέχει στην Κίνα και η ένωση BIM της Κίνας (China BIM Union) (βλ. εικ. 4.14), μια οργάνωση που δημιουργήθηκε για να προωθήσει συντονισμένα την ανάπτυξη της τεχνολογίας BIM, των προτύπων και του λογισμικού που την υποστηρίζουν και για να μπορέσει να σταθεί η χώρα ανταγωνιστικά στον πυρήνα μιας συνεχώς εξελισσόμενης κατασκευαστικής βιομηχανίας.

Από τη στιγμή της δημιουργίας της ή εν λόγω ένωση παρέχει εκπαιδευτικά προγράμματα και σεμινάρια σε χιλιάδες ενδιαφερόμενους, φοιτητές και επαγγελματίες, σε όλη τη χώρα

Εικ. 4.14: Από την ιστοσελίδα της ένωσης China BIM Union [www.bimunion.org]

Φινλανδία

Πολυτεχνικές σχολές και πανεπιστήμια παρέχουν εκπαίδευση BIM έτσι ώστε όλοι οι φοιτητές και απόφοιτοι των ιδρυμάτων τους να κατέχουν, σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα με τις σπουδές, την απαραίτητη γνώση για εφαρμογή της τεχνολογίας του Building Information Modeling στον τομέα των κατασκευών.

Ειδικά για τους απόφοιτους παρέχονται και οι ακόλουθες δυνατότητες:

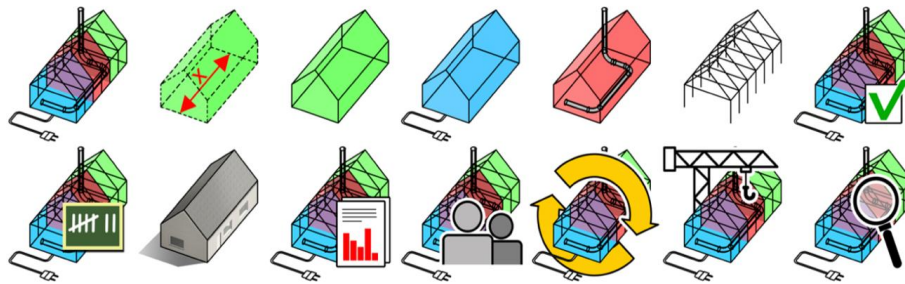
- Οι εγκατεστημένες στη Φινλανδία εταιρίες που διαθέτουν και προμηθεύουν λογισμικό που υποστηρίζει το BIM, όπως η Autodesk, η Archicad και η Tekla παρέχουν και δωρεάν εκπαίδευση για το λογισμικό τους.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο

- Μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες όπως η Skanska και η Senaatti παρέχουν προγράμματα κατάρτισης για την εκμάθηση του BIM μέσα στο ίδιο το περιβάλλον της εργασίας τους.

Το Μάρτιο του 2012 δημοσιεύτηκε ο εθνικός οδηγός COBim (Common BIM Requirements) (βλ εικ. 4.15) [32] που τυγχάνει ευρείας αποδοχής και χρήσης, διαθέσιμος σε 4 γλώσσες: Αγγλικά, Φινλανδικά, Εσθονικά και Ισπανικά . Βασίστηκε στον οδηγό «BIM Requirements» που δημοσίευσε ο κρατικός οργανισμός «Senate Properties» [www.senaatti.fi/en] το 2007 και επανεκδόθηκε ενημερωμένος με το όνομα COBim, με χρηματοδότηση από τον ίδιο οργανισμό αλλά και με τη συμμετοχή πολλών εταιριών τεχνικού λογισμικού, κατασκευαστικών εταιριών και του BuildingSMART της Φινλανδίας. Το COBim περιλαμβάνει τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις για την εφαρμογή του BIM στον κατασκευαστικό τομέα της Φινλανδίας. Αποτελείται από 13 θεματικές ενότητες. Κάθε ενότητα περιγράφει ένα διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης του έργου, και χρησιμοποιείται ως οδηγός για τη δημιουργία μίας ενιαίας λειτουργικής «κουλτούρας» γύρω από το BIM.[33]



COBIM

 Common BIM Requirements
2012

Εικ. 4.15: Το εξώφυλλο των οδηγιών του COBim [32]

Τσεχία

Το εθνικό συμβούλιο BIM της Τσεχίας (Czech BIM Council [www.czvim.org]) προσφέρει εκπαίδευση και γνώσεις για το BIM μέσω σεμιναρίων, εργαστηρίων και παρουσιάσεων. Αν και δεν υπάρχουν ακόμη ακαδημαϊκά προγράμματα για το BIM, όμως από τον Φεβρουάριο του 2015 έχει συσταθεί μία ομάδα εργασίας με τίτλο «BIM και Εκπαίδευση» με σκοπό την εισαγωγή αυτής της τεχνολογίας στο εκπαιδευτικό σύστημα της χώρας.



Άλλη μία πρωτοβουλία του Czech BIM Council ήταν η πραγματοποίηση ενός συνεδρίου με τίτλο «Ημέρα του BIM» («BIM DAY») τον Οκτώβριο του 2013 με σκοπό τη δημιουργία του εθνικού οδηγού BIM της Τσεχίας (Czech BIM Guide) ο οποίος θα κυκλοφορήσει μαζί με οδηγίες εφαρμογής, πρωτόκολλα, και πρότυπα έγγραφα για την καλύτερη αφομοίωση του BIM στον κατασκευαστικό τομέα της χώρας.

Νορβηγία

Τουλάχιστον επτά σχολές ΑΕΙ υποστηρίζουν την προώθηση και την εκπαίδευση του BIM και πολλά κολλέγια παραχωρούν ειδικά μαθήματα για την εκμάθηση της νέας αυτής τεχνολογίας. Δεν υπάρχει κεντρική κυβερνητική απαίτηση για την εισαγωγή του BIM στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, ωστόσο πολλοί καθηγητές, ως γνώστες και υποστηρικτές του αντικειμένου, έχουν μεταφέρει την εκπαίδευση του «ανοιχτού» BIM (open BIM) στα πανεπιστήμια.

Ο οργανισμός BuildingSMART της Νορβηγίας [www.buildingsmart.no] (βλ. εικ. 4.16) έχει αναπτύξει γι' αυτό το σκοπό ένα πρόγραμμα υποστήριξης των καθηγητών, παρέχοντάς τους εκπαιδευτικό υλικό και λογισμικό.

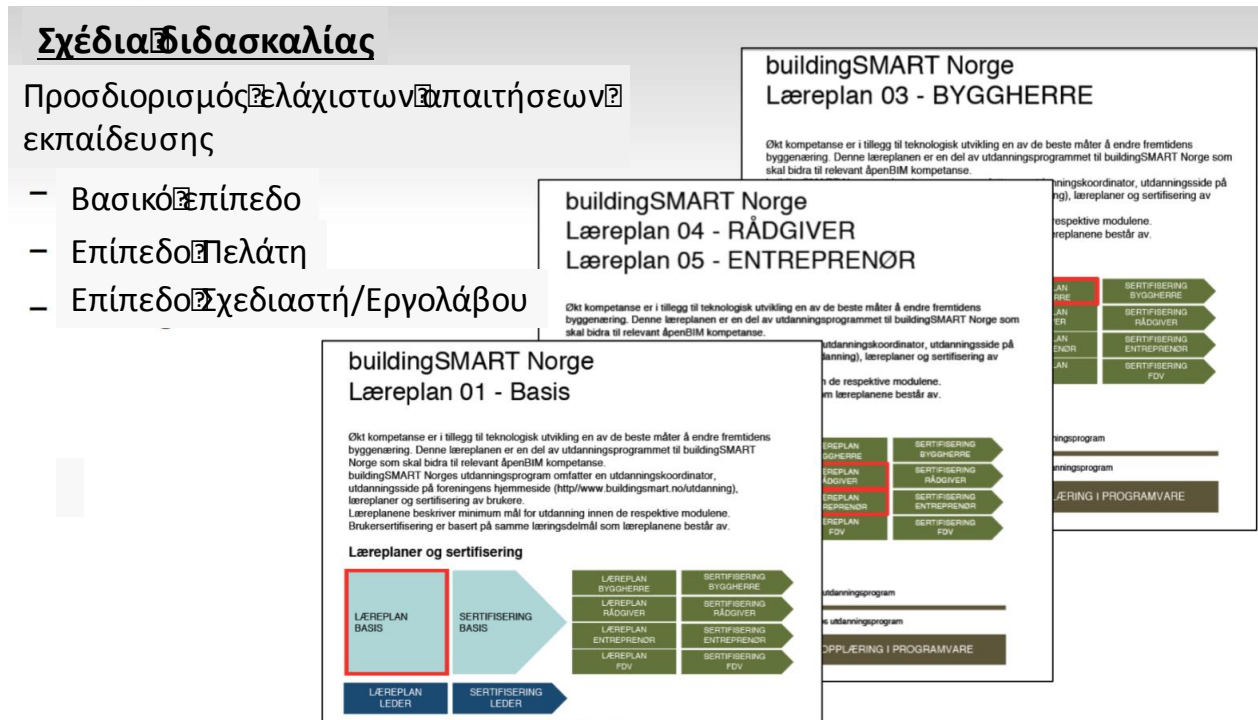


Εικ.4.16: Από την ιστοσελίδα του BuildingSMART της Νορβηγίας [www. buildingsmart.no]

Τον Ιούνιο του 2014 ο ίδιος οργανισμός κυκλοφόρησε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα, έχοντας ως επίκεντρο την διασφάλιση της ποιότητας του περιεχομένου και του αποτελέσματος των προγραμμάτων εκμάθησης του BIM. Έτσι, δημιουργήθηκαν τρία σχέδια διδασκαλίας για τον προσδιορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων εκπαίδευσης του BIM σε δύο βασικά επίπεδα (βλ. εικ. 4.17). Σε αυτό το εκπαιδευτικό πρόγραμμα συμπεριλαμβάνεται και μία διαδικτυακή εκπαιδευτική πύλη στην ιστοσελίδα του οργανισμού (<http://buildingsmart.no/utdanning>) με συγκεκριμένη εκπαιδευτική ύλη.[34]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.4^ο : Εκπαίδευση και εφαρμογή του BIM ανά τον κόσμο



Εικ. 4.17: Τα σχέδια διδασκαλίας του BuildingSMART Norway[35]

Σε αυτό έρχεται να προστεθεί και η δημιουργία ενός on-line συστήματος πιστοποίησης των γνώσεων στην τεχνολογία BIM [<http://certification.buildingsmart.no/login/index.php>] το οποίο λειτουργεί ως διαδικτυακό κέντρο αξιολόγησης για την απόκτηση διπλώματος για τα τρία παραπάνω επίπεδα γνώσης του BIM [35] καθώς και η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με όλες τις κατευθυντήριες γραμμές και οδηγίες για την εφαρμογή του BIM (BIM Guideline Database) το οποίο είναι και αυτό διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του οργανισμού (<http://buildingsmart.no/bs-guiden/om-guiden>)

Σιγκαπούρη

Οι μαθητές που είναι έτοιμοι να εισαχθούν στην τριτοβάθμια εκπαίδευση έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν ένα πτυχίο στην τεχνολογία των πληροφοριών της κατασκευής (Construction Information Technology), με ειδίκευση στο BIM (βλ. εικ. 4.17). Η εξειδίκευση αυτή παρέχεται και ως συνεχιζόμενη κατάρτιση και για τους επαγγελματίες του τομέα.

Academic Programme

Specialist Diploma in Building Information Modeling (BIM)

Εικ. 4.18: Ενημέρωση για προπτυχιακές σπουδές στην τεχνολογία BIM [www.bimsg.org]

Άλλα πιστοποιούμενα προγράμματα επαγγελματικής κατάρτισης στην τεχνολογία BIM για τους επαγγελματίες της βιομηχανίας των κατασκευών είναι τα εξής:

- Μοντελοποίηση με BIM (Αρχιτεκτονική)
- Μοντελοποίηση με BIM (Στατική)
- Μοντελοποίηση με BIM (Μηχανολογικά, Ηλεκτρικά, Υδραυλικά)
- Διαχείριση Έργων με BIM

Η μεγάλη απήχηση του Building Information Modeling στη Σιγκαπούρη οδήγησε και στη δημιουργία μιας επίσημης ιστοσελίδας της «www.bimsg.org» η οποία έχει αναλάβει την ενημέρωση των ενδιαφερόμενων για τα διαθέσιμα προγράμματα και την ανταλλαγή πληροφοριών και καινούριων πρακτικών στην τεχνολογία του BIM (βλ εικ. 4.18).

BIM@SG

Building Information Modelling in Singapore

Εικ 4.19.: Από την ιστοσελίδα www.bimsg.org

Καναδάς

Ο οργανισμός buildingSmart του Καναδά ανέλαβε την εκστρατεία **The Roadmap to Lifecycle Building Information Modelling in the Canadian AECOO (Architecture, Engineering, Construction, Owners and Operations) Community** [36]. (βλ εικ.4.19)

Σκοπός αυτής της εκστρατείας είναι η εισαγωγή της τεχνολογίας BIM στους τομείς της Αρχιτεκτονικής, των Πολιτικών Μηχανικών και της Διαχείρισης των Τεχνικών Έργων και η βελτίωση του τεχνολογικού, περιβαλλοντικού και οικονομικού επιπέδου της χώρας.



Εικ. 4.20: Από την ιστοσελίδα buildingSmart του Καναδά [www.buildingsmartcanada.ca]

Η εκστρατεία αυτή περιλαμβάνει και εκπαιδευτικές δράσεις με τους παρακάτω στόχους:

- Ανανέωση των προγραμμάτων σπουδών για την εισαγωγή της τεχνολογίας BIM
- Ανάπτυξη προγραμμάτων δια βίου κατάρτισης για πτυς επαγγελματίες του κλάδου
- Πιστοποίηση των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων που παρέχουν εκπαιδευτικά προγράμματα για BIM.
- Πιστοποίηση των φοιτητών ή επαγγελματιών μετά την εκπαίδευσή τους

Επιπλέον συγκροτήθηκε και μία εθνική Επιτροπή Εκπαίδευσης για τον συντονισμό και την επίτευξη των παραπάνω στόχων αλλά και την ενασχόληση με οποιαδήποτε δραστηριότητα μπορούσε να προάγει την εκπαίδευση του αφορά το BIM.

Κεφάλαιο 5^ο

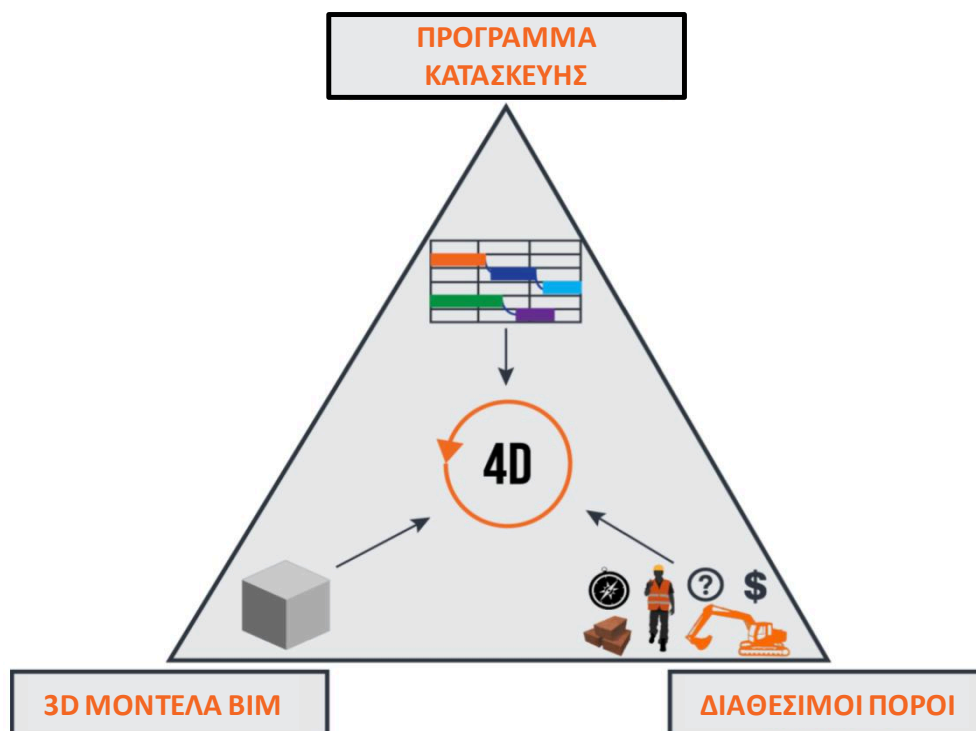
Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό ερμηνεύεται ο όρος «4D Modeling» ή αλλιώς 4D χρονικός προγραμματισμός με χρήση της τεχνολογίας BIM. Παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του, η διαδικασία εφαρμογής του στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των τεχνικών έργων, και τέλος αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματά του σε σύγκριση με την παραδοσιακή διαδικασία χρονικού προγραμματισμού.

5.1 Η έννοια του 4D χρονικού προγραμματισμού - 4D modeling [37]

Η τέταρτη διάσταση στον σχεδιασμό της κατασκευής ενός έργου ή αλλιώς 4D μοντελοποίηση (4D BIM) της κατασκευής είναι μία νέα τεχνική στη διαχείριση των τεχνικών έργων, η οποία εφαρμόζεται με τη χρήση ειδικού λογισμικού που συνδυάζει τα αντικείμενα των ψηφιακών μοντέλων BIM της μελέτης ενός έργου με τις δραστηριότητες του χρονικού προγράμματος της κατασκευής του. Με πολύ απλά λόγια συναρτά το χωρικό – φυσικό ομοίωμα του έργου με την χρονική εξέλιξη της κατασκευής του σε ένα ενοποιημένο μοντέλο, που περιλαμβάνει και τις πληροφορίες του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού των εργασιών (βλ εικ. 5.1).



Εικ. 5.1: Σχηματική απεικόνιση του 4D χρονικού προγραμματισμού [37]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ. 5^ο: Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός

Το 4D μοντέλο του έργου είναι ουσιαστικά ένα 3D μοντέλο, στο οποίο ενσωματώνονται τόσο πληροφορίες από τον σχεδιασμό και τη μελέτη του έργου όσο και πληροφορίες για την οργάνωση της κατασκευής, τους πόρους και τα μέσα που θα απασχοληθούν, το εργατικό δυναμικό, την παραγωγικότητα των συνεργείων, το κόστος των εργασιών, τις προμήθειες των υλικών, την ανάλυση της κατασκευής σε δραστηριότητες και την κατάστρωση του χρονοδιαγράμματος με τη μέθοδο της κρίσιμης διαδρομής. Με τις πρόσθετες αυτές πληροφορίες δημιουργείται το ψηφιακό 4D μοντέλο χρονικού προγραμματισμού του έργου (βλ. εικ. 5.2a 5 και 2b).

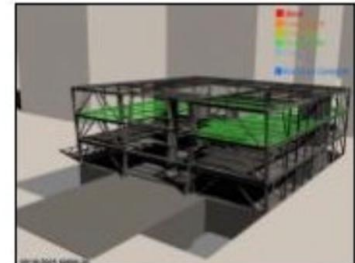
3D ψηφιακό μοντέλο του έργου (3D Model)
Πληροφοριακό Ομοίωμα Έργου



Χρονοδιάγραμμα εργασιών
(δραστηριότητες, αλληλουχίες, πόροι)



4D ψηφιακό μοντέλο του έργου (4D Model)
4D χρονικός προγραμματισμός



Εικ. 5.2a: Η συναρμογή του 3D μοντέλου με τον χρονικό προγραμματισμό του έργου για τη δημιουργία του 4D προγραμματισμού



Εικ.5.2b: Παράδειγμα 4D χρονικού προγραμματισμού με το λογισμικό Synchro Pro [πηγή: www.synchro ltd.com]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ. 5^ο: Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός

Με αυτήν την τεχνική, ένα ποσοστό της τάξης του 15% των κατασκευαστικών λαθών και παραλείψεων – κυρίως λόγω έλλειψης συντονισμού και επικοινωνίας μεταξύ των ομάδων μελέτης του έργου – μπορούν να εντοπιστούν και να διορθωθούν πριν από την έναρξη της κατασκευής, με προφανή οφέλη για τον κύριο του έργου.

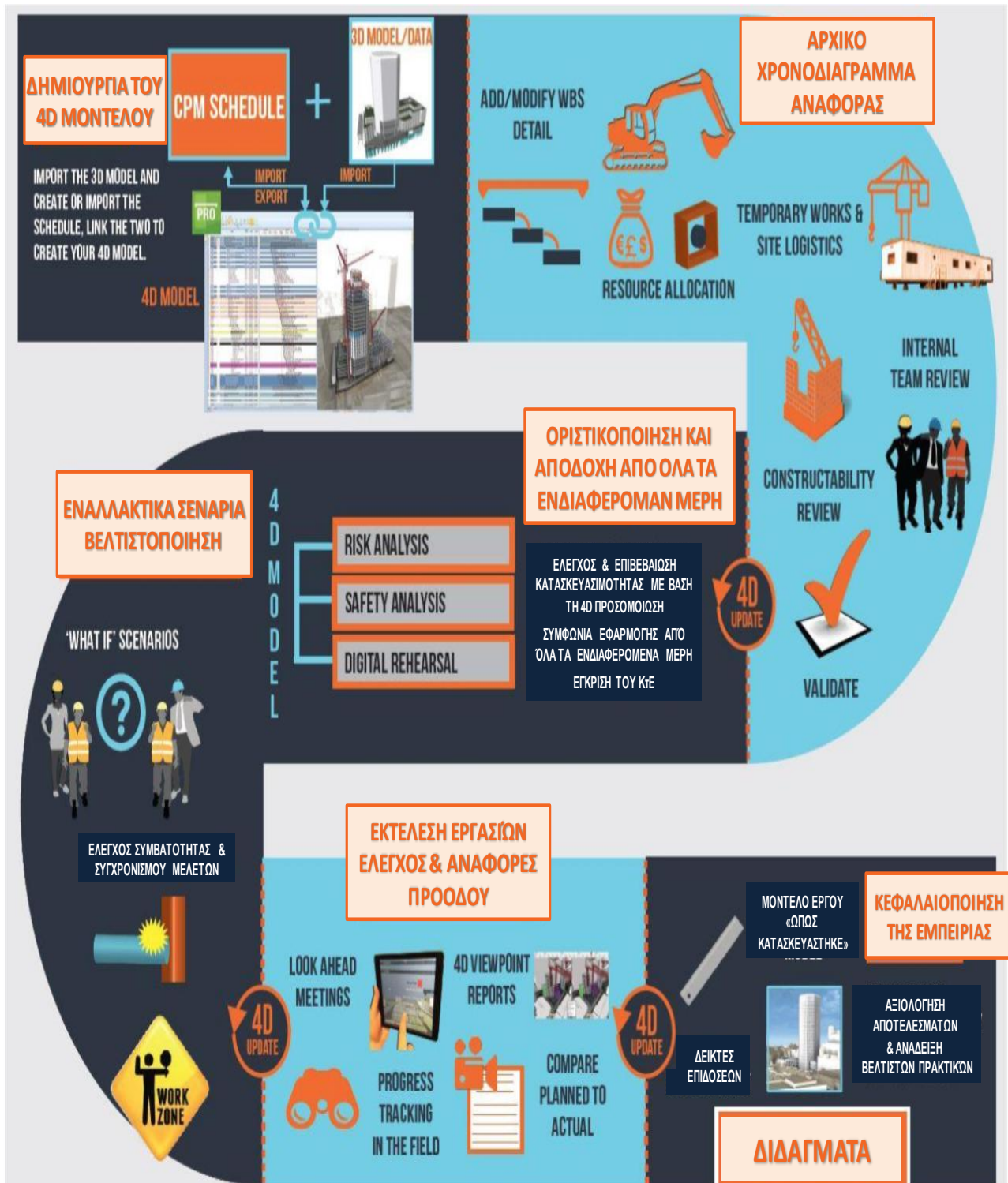
Το λογισμικό BIM και τα εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί για τον 4D χρονικό προγραμματισμό παρέχουν τη δυνατότητα εικονικής αναπαράστασης της διαδικασίας κατασκευής ενός έργου, όπως αυτή υπαγορεύεται από τις δραστηριότητες του χρονοδιαγράμματος και τις αλληλουχίες τους.

Η δημιουργία δραστηριοτήτων, ο καθορισμός των σχέσεων μεταξύ τους, η σύνδεσή τους με τα μέσα παραγωγής και το κόστος, είναι βασικές λειτουργίες που παρέχουν τα λογισμικά 4D μοντελοποίησης, παράλληλα με τη δυνατότητα σύνδεσης των δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος με τα φυσικά οικοδομικά στοιχεία του χωρικού (3D) μοντέλου.

Στην εικόνα 5.3 στην επόμενη σελίδα φαίνεται αναλυτικά η όλη διαδικασία.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ. 5^ο: Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός



Εικ.5.3: Η διαδικασία του 4D χρονικού προγραμματισμού από το σχεδιασμό μέχρι την παράδοση του έργου [πηγή: Synchro Academy (<http://synchro.theacademyonline.com>)]

Δημιουργία του 4D μοντέλου

Εισαγωγή του 3D ψηφιακού μοντέλου στο λογισμικό χρονικού προγραμματισμού εφόσον αυτό είναι διαθέσιμο σε μορφότυπο IFC και δημιουργία της αντιστοιχίας και των συνδέσεων των δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος με τα αντικείμενα του 3D ψηφιακού μοντέλου. Από αυτή τη σύνδεση προκύπτει το 4D ψηφιακό μοντέλο του έργου.

Κατάρτιση ενός αρχικού χρονοδιαγράμματος αναφοράς

Κατάστρωση ενός σχεδίου εκτέλεσης των εργασιών, καθορισμός φάσεων τμηματικών προθεσμιών, καθορισμός απαιτούμενων συνεργειών και λοιπών μέσω παραγωγής, εκτίμηση διάρκειας και κόστους δραστηριοτήτων, καθορισμός εξαρτήσεων και αλληλουχίας, επίλυση αρχικού χρονοδιαγράμματος, ανασκόπηση και έλεγχος κατασκευασιμότητας.

Οριστικοποίηση και αποδοχή από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη

Κοινοποίηση του αρχικού προγράμματος σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη – είτε με ανταλλαγή αρχείων είτε με ανάρτηση του 4D μοντέλου στο διαδίκτυο – ανασκόπηση και έλεγχος κατασκευασιμότητας και χρηματορροών με τη βοήθεια της εικονικής αναπαράστασης της κατασκευής (4D προσομοίωση), συμπληρώσεις και τροποποιήσεις αρχικού προγράμματος, οριστικοποίηση και έγκριση για την εφαρμογή του.

Διερευνήσεις, βελτιστοποίηση

Όταν ολοκληρωθεί η κατάστρωση και συμφωνηθεί ένα βασικό αρχικό πρόγραμμα για την κατασκευή του έργου, το 4D μοντέλο διαθέτει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την ταχύτατη διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων ως προς οργάνωση και το συντονισμό των εργασιών και για την περεταίρω διερεύνηση και επίλυση τυχόν προβλημάτων συναρμογής των διαφόρων μελετών και συντονισμού ταυτόχρονα απασχολούμενων συνεργειών και μηχανημάτων. Η δυνατότητα έγκαιρου εντοπισμού και επίλυσης τέτοιων προβλημάτων, πολύ πριν από την εμφάνισή τους κατά την κατασκευή, είναι από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του 4D χρονικού προγραμματισμού.

Έλεγχος προόδου και αναφορές κατά την κατασκευή

Με το 4D χρονικό προγραμματισμό είναι δυνατόν ο έλεγχος της προόδου κατά την κατασκευή του έργου ως προς την τήρηση του χρονοδιαγράμματος να γίνεται και σε συνδυασμό με την σύγκριση της πραγματικής εικόνας που έχει το έργο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή σε σχέση με την εικόνα που εμφανίζεται στο 4D ψηφιακό μοντέλο για την ίδια χρονική στιγμή. Ταυτόχρονα όλες οι τυχόν μεταβολές που γίνονται κατά την κατασκευή του έργου και τροποποιούν είτε το σχεδιασμό είτε το χρονοδιάγραμμα του έργου, μεταφέρονται πολύ εύκολα στο 4D μοντέλο και από αυτό ενημερώνονται σε πραγματικό όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ. 5^ο: Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός**Κεφαλαιοποίηση και αξιοποίηση της εμπειρίας**

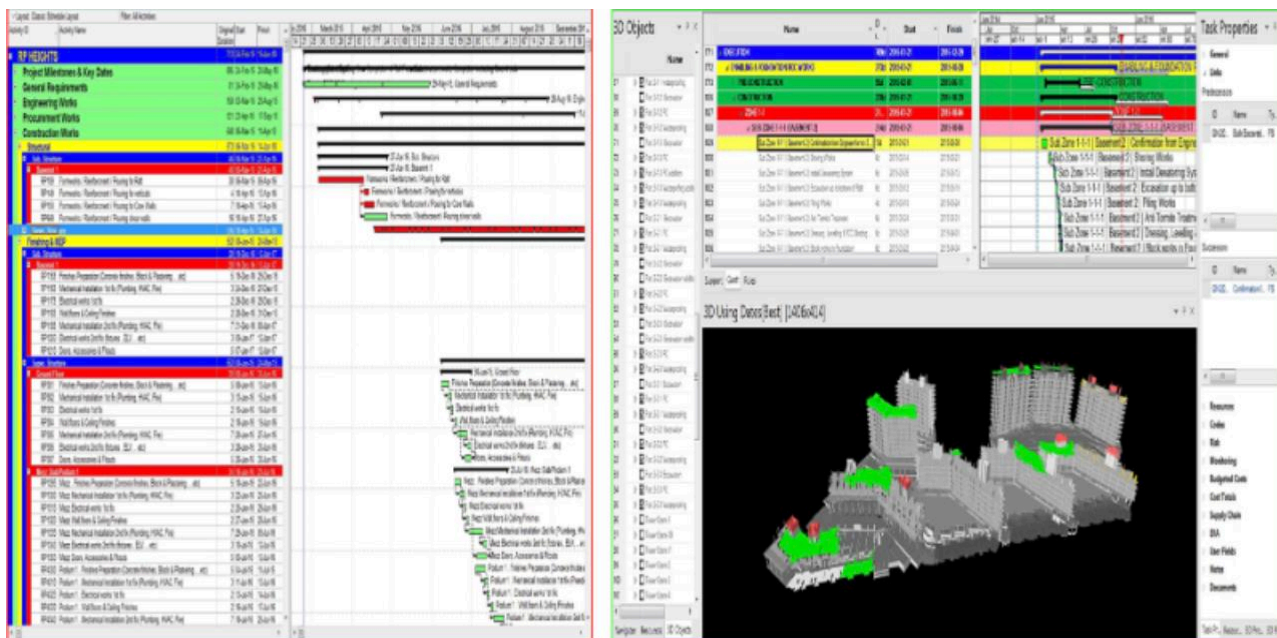
Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, για το έργο αρχίζει η περίοδος της αποδοτικής λειτουργίας και της εκμετάλλευσής του. Είναι ζωτικής σημασίας η δυνατότητα φύλαξης και διατήρησης όλων πληροφοριών του έργου «όπως κατασκευάστηκε» σε ψηφιακή μορφή, τέτοια ώστε οι υπεύθυνοι για τη λειτουργία και συντήρηση του έργου να έχουν άμεση και εύκολη πρόσβαση σε αυτές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της συμμόρφωσης των αρχείων BIM με τα πρότυπα διαλειτουργικότητας IFC και COBie.

5.2 Διαφορές του 4D προγραμματισμού με την παραδοσιακή διαδικασία χρονικού προγραμματισμού**5.2.1 Εισαγωγή 3D μοντέλου**

Η πρώτη και βασική διαφορά είναι ότι κατά την παραδοσιακή διαδικασία χρονικού προγραμματισμού χρησιμοποιούνται κυρίως τα σχέδια του έργου από τα οποία προκύπτουν οι ποσότητες των εργασιών και η κατάτμηση του έργου σε δραστηριότητες.

Αντίθετα στο 4D προγραμματισμό αρκεί απλά η εισαγωγή του 3D ψηφιακού μοντέλου του έργου, όποτε αναγνωρίζονται αυτόματα και αναλύονται τα οικοδομικά στοιχεία (αντικείμενα) που το συνθέτουν με όλες τις πληροφορίες που το συνοδεύουν, όπως π.χ. η ποσότητα, το πλήθος των ομοίων στοιχείων, η θέση τους στο έργο κλπ (βλ εικ. 5.4).

Ταυτόχρονα η εικονική περιήγηση στην ψηφιακή απεικόνιση του έργου διευκολύνει σαφώς την κατανόηση των και την αντίληψη των απαιτήσεων για την κατασκευή του.



Εικ. 5.4: Η σύνδεση χρονοδιαγράμματος με το 3D μοντέλο του έργου στην περίπτωση του 4D χρονικού προγραμματισμού [38]

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ. 5^ο: Το BIM και ο 4D χρονικός προγραμματισμός

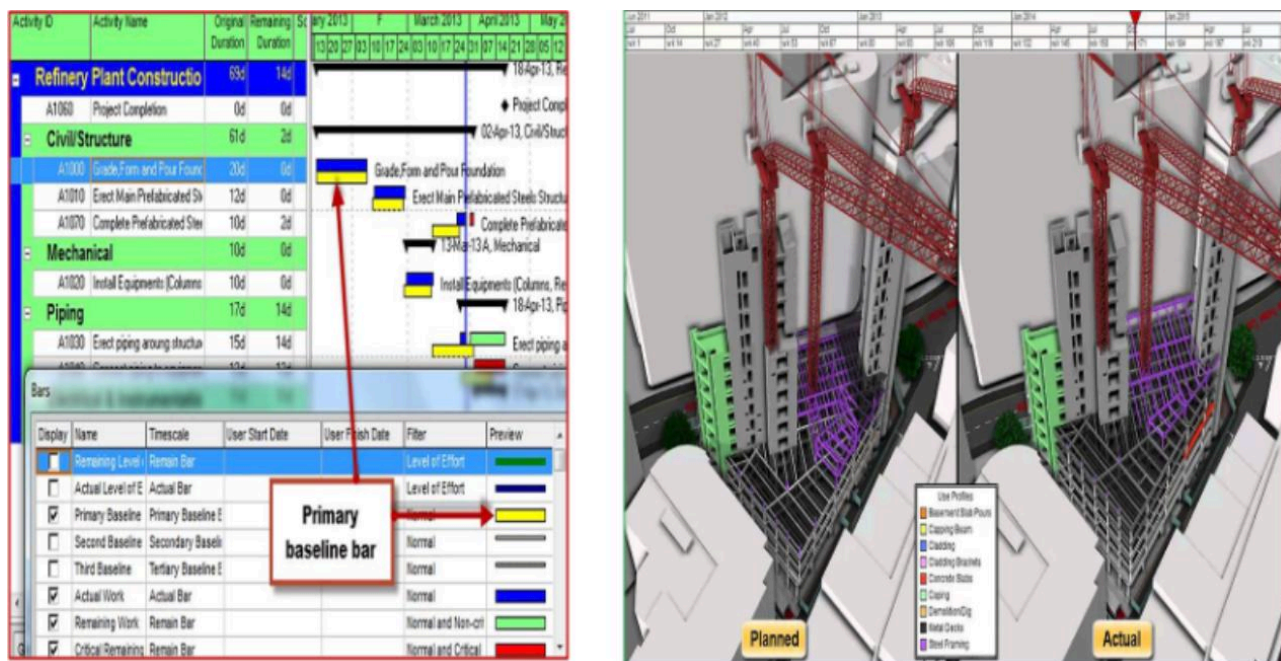
5.2.2 Ανάλυση έργου σε δραστηριότητες

Επόμενο βήμα κατά τον παραδοσιακό τρόπο χρονικού προγραμματισμού είναι η ανάλυση του έργου σε δραστηριότητες, ο προσδιορισμός της χρονικής τους διάρκειας και η εισαγωγή στοιχείων κόστους και των απαιτούμενων μέσων παραγωγής (πόρων) για την κάθε μία.

Αντίθετα, με το 4D προγραμματισμό η ανάλυση του έργου σε δραστηριότητες γίνεται αυτόματα και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να τροποποιήσει την ανάλυση αυτή εισάγοντας πρόσθετες δραστηριότητες, εργοταξιακό εξοπλισμό, χώρους εργασίας, κλπ τα οποία συνδέονται με τις δραστηριότητες του χρονοδιαγράμματος με αποτέλεσμα την καλύτερη προσομοίωση της κατασκευαστικής διαδικασίας αλλά και τον ακριβέστερο προσδιορισμό του κόστους των δραστηριοτήτων.

5.2.3 Παρακολούθηση της προόδου

Με τον παραδοσιακό τρόπο χρονικού προγραμματισμού ο έλεγχος της προόδου του έργου γίνεται μόνο με τη σύγκριση της **πραγματικής** ημερομηνίας έναρξης και πέρατος των δραστηριοτήτων με τις **προγραμματισμένες** στο χρονοδιάγραμμα και με τον επανυπολογισμό του νέου χρόνου ολοκλήρωσης του έργου με βάση τα στοιχεία του ενημερωμένου χρονοδιαγράμματος. Με τον 4D προγραμματισμό εκτός από τα παραπάνω, μπορεί να γίνει και σύγκριση της **πραγματικής εικόνας** που εμφανίζει το έργο κατά την ημέρα του ελέγχου με **εκείνη που αναμενόταν να έχει** σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα (βλ. εικ. 5.5).



Εικ. 5.5: Σύγκριση προγραμματισμένης και πραγματικής προόδου έργου τόσο ως προς το χρόνο όσο και ως προς την φυσική εικόνα του έργου [38].

5.2.4 Χρήση της κινητής τηλεφωνίας για παρακολούθηση της προόδου του έργου.

Η κινητή τηλεφωνία σε συνδυασμό και με τη χρήση του διαδικτύου επιτρέπουν τη μεταφορά όλων των πληροφοριών που συλλέγονται στο εργοτάξιο και των αρχείων με τις ενημερώσεις του χρονοδιαγράμματος σε οποιοδήποτε σημείο θέλουμε. Έτσι ο διευθυντής έργου ή ο επιβλέπων μπορούν να έχουν σε πραγματικό χρόνο την πραγματική εικόνα του έργου και τις αποκλίσεις από το χρονοδιάγραμμα, οπουδήποτε και αν βρίσκονται, μέσω συσκευών κινητής τηλεφωνίας τύπου tablets ή smartphones. Αυτό επιτρέπει την άμεση ενημέρωση και λήψη αποφάσεων και τον χειρισμό των καταστάσεων με ασφαλή, αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο (βλ εικ. 5.6).

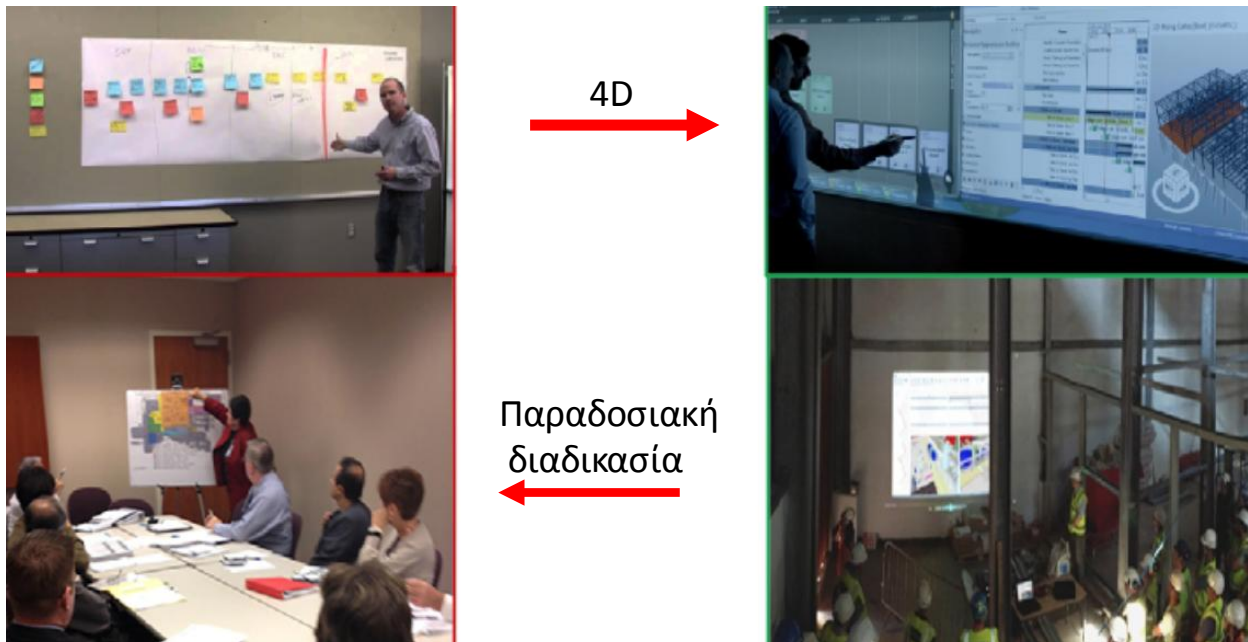


Εικ.5.6: Χρήση της κινητής τηλεφωνίας για παρακολούθηση της προόδου του έργου [πηγή: <http://www.qualityinconstruction.com/use-of-tablets-for-site-inspections/>]

5.2.5 Συντονιστικές συσκέψεις ομάδας έργου

Το οπτικοποιημένο αποτέλεσμα που προσφέρει ο 4D προγραμματισμός διευκολύνει όχι μόνο τον υπεύθυνο προγραμματισμού του έργου αλλά και όλα τα μέλη της ομάδας έργου που συμμετέχουν σε τακτικές συναντήσεις του εργοταξίου που υποστηρίζονται από την ψηφιακή τεχνολογία, με 3D παρουσιάσεις και αναλύσεις.

Η κατανόηση των προβλημάτων και λήψη αποφάσεων γίνεται πιο εύκολη και κάθε ιδέα ή απόφαση παίρνει μορφή σε ελάχιστο χρόνο επεμβαίνοντας στο 4D μοντέλο του έργου (βλ εικ. 5.7)



Εικ. 5.7: Η υποστήριξη εργασιολογικών συσκέψεων με τον 4D προγραμματισμό σε σχέση με την παραδοσιακή διαδικασία [38]

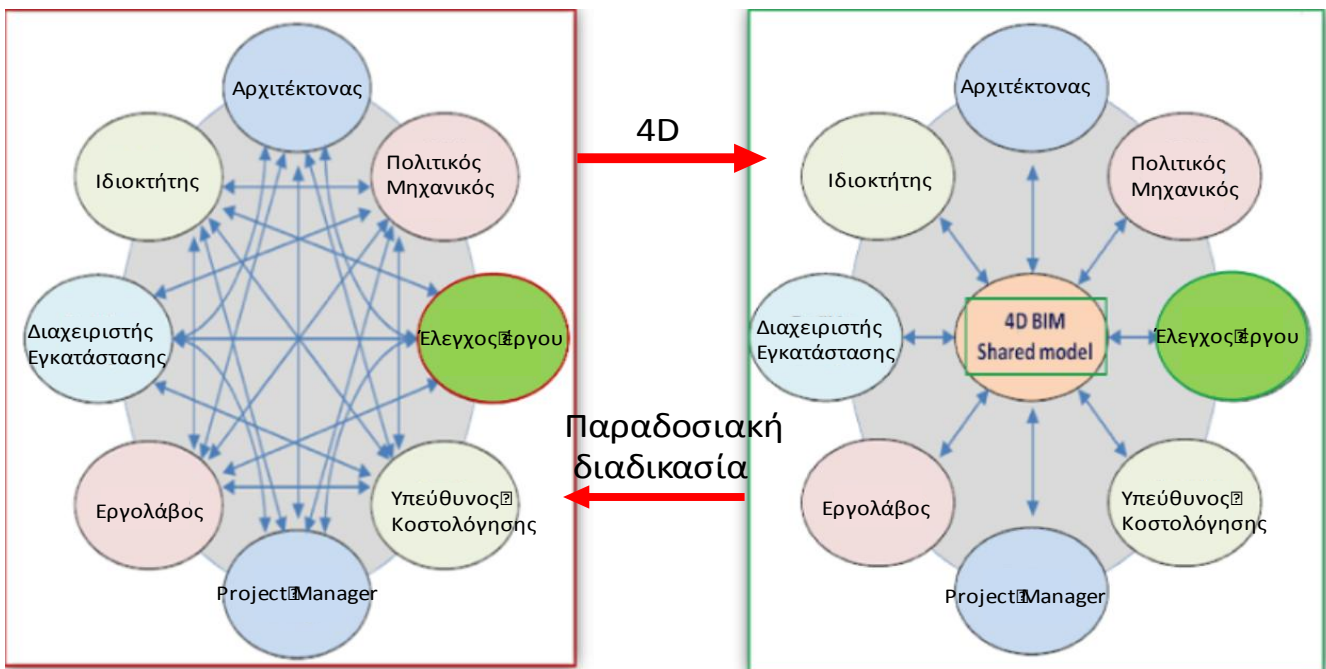
5.2.6 Αναφορές προόδου και παραδοτέα

Με την παραδοσιακή διαδικασία το τελικό αποτέλεσμα που υποβάλλεται είναι ένα εκτυπωμένο χρονοδιάγραμμα δισδιάστατης μορφής, και ένας πολύ μεγάλος αριθμός έγγραφων αναφορών και εκθέσεων αρκετά δύσχρηστων, που περιέχουν όλες εκείνες τις πληροφορίες που δεν μπορούν να απεικονιστούν στο χρονοδιάγραμμα.

Ο 4D προγραμματισμός παρέχει το εκτυπωμένο χρονοδιάγραμμα, το 4D ψηφιακό μοντέλο της κατασκευής όπως προγραμματίστηκε και όπως πραγματικά κατασκευάστηκε και οπτικοποιημένο υλικό, με τη μορφή ψηφιακών αρχείων βίντεο ή εικόνων, στο οποίο καταγράφεται και απεικονίζεται όλη η εξέλιξη της κατασκευής του έργου.

5.2.7 Νέα προσέγγιση στη διαχείριση των τεχνικών έργων

Η βασική αρχή του 4D προγραμματισμού, ο οποίος βασίζεται στην τεχνολογία BIM, είναι ότι όλη η μελέτη του χρονικού προγραμματισμού ενός έργου γίνεται με υπόβαθρο το ενοποιημένο 4D ψηφιακό μοντέλο του έργου, στο οποίο περιλαμβάνεται το σύνολο των πληροφοριών του έργου και στο οποίο έχουν πρόσβαση όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Με τον παραδοσιακό χρονικό προγραμματισμό δεν υπάρχει συνολική εικόνα του έργου ούτε δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας, οπότε το αποτέλεσμα εξαρτάται από τις συνομιλίες και τις συνεργασίες κάθε μέλους της ομάδας έργου με τον υπεύθυνο προγραμματισμού, οδηγώντας σε λάθη και παρανοήσεις (βλ.Εικ. 5.8).



Εικ. 5.8: Η νέα προσέγγιση στη διαχείριση των τεχνικών έργων με τον 4D προγραμματισμό

5.3 Σύνοψη των βασικών χαρακτηριστικών του 4D χρονικού προγραμματισμού

Τα βασικά χαρακτηριστικά του 4D προγραμματισμού συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Δημιουργία ενός συνεκτικού και ολοκληρωμένου πληροφοριακού ομοιώματος του έργου (4D μοντέλο) που συνδυάζει τα χωρικά στοιχεία με τον χρόνο και στο οποίο καθορίζεται ο τρόπος εκτέλεσης των εργασιών για την ολοκλήρωση της κατασκευής διασφαλίζοντας την επικοινωνία όλων των μελών της ομάδας.
- Άμεση σύνδεση των δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος με τα ψηφιακά αντικείμενα του 3D μοντέλου και δυνατότητα τροποποιήσεων και προσαρμογών σε πραγματικό χρόνο καθώς και εντοπισμού και επίλυσης ασυμβατοτήτων των μελετών ή του τρόπου κατασκευής.
- Συνεργασία και συγχρονισμός με το πρόγραμμα εργασίας των συνεργείων, των υπεργολάβων και των προμηθευτών και υποστήριξη της διαχείρισης του εργοταξίου για την παρακολούθηση της πορείας του έργου σε πραγματικό χρόνο.
- Αυτόματη αρχειοθέτηση και φύλαξη όλων σχετικών πληροφοριών σε ψηφιακή μορφή για την παραγωγή αναφορών και για χρήση κατά τη φάση λειτουργίας του έργου.

Κεφάλαιο 6^ο Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια εισαγωγή στο λογισμικό 4D Planning της Elecosoft, Asta Powerproject BIM. Παρουσιάζονται τα κύρια πλεονεκτήματα του προγράμματος, τονίζονται οι δυνατότητές του, οι βασικές λειτουργίες του, οι εντολές και το περιβάλλον εργασίας του ενώ στη συνέχεια γίνεται πρακτική εφαρμογή του για τη μελέτη χρονικού προγραμματισμού ενός τεχνικού έργου με τεχνολογία BIM (4D Planning).

6.1. Το λογισμικό Asta Powerproject [39]

Το Asta Powerproject είναι ένα λογισμικό της εταιρίας Elecosoft UK Ltd που απευθύνεται σε μηχανικούς και επαγγελματίες των κατασκευών. Κυκλοφόρησε το 1988 και έκτοτε με τη συμβολή των χρηστών του εξελίσσεται διαρκώς έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Πρόκειται για ένα ισχυρό εργαλείο για τη διαχείριση έργου (project management), τον χρονικό προγραμματισμό, τη διαχείριση των πόρων και του κόστους του έργου και για την παρακολούθηση της κατασκευής ενός έργου.

6.1.1 Asta Powerproject BIM

Το Asta Powerproject BIM είναι ένα νεότερο λογισμικό της Elecosoft UK Ltd που παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα σύνδεση των δραστηριοτήτων του χρονικού προγραμματισμού ενός έργου με το 3D ψηφιακό μοντέλο της κατασκευής (4D planning, βλ εικ. 6.1 και 6.2).

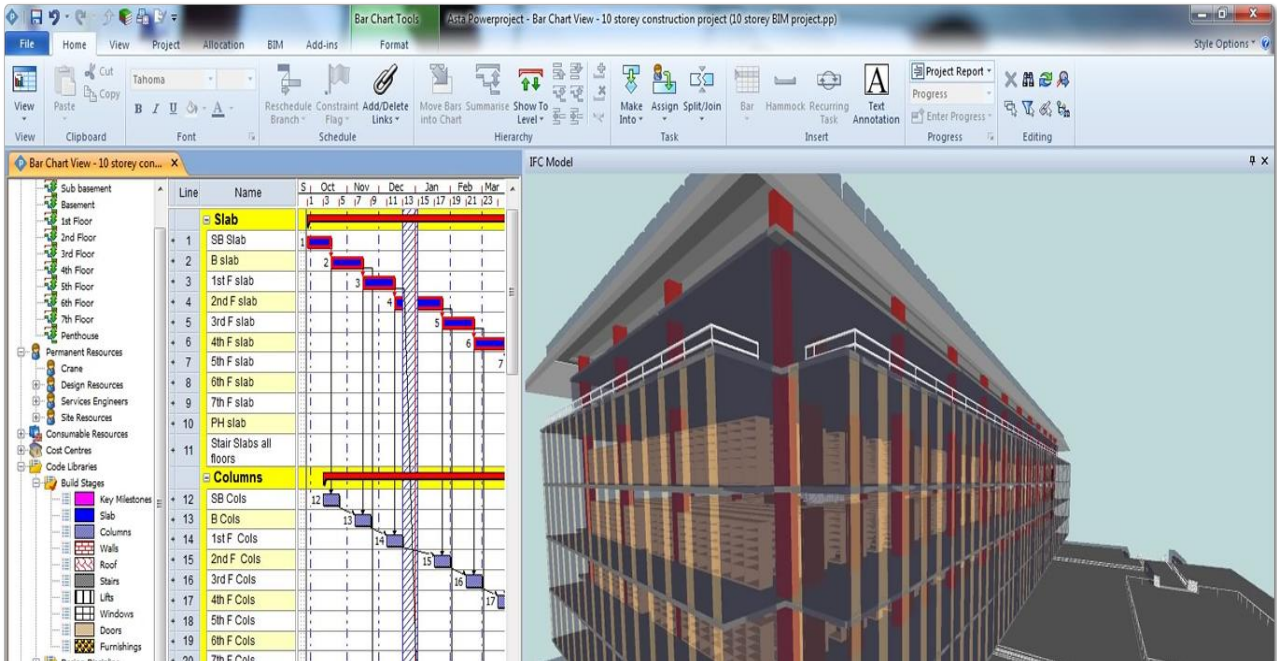
Είναι μία πρόσθετη δυνατότητα του Asta Powerproject, που επιτρέπει την πλήρη διαχείριση των πληροφοριών που περιέχει ένα 3D ψηφιακό μοντέλο έργου, συμβατό με το πρότυπο IFC, και την αξιοποίησή τους για την κατάρτιση του χρονικού προγράμματος του έργου (4D μοντέλο του έργου).

Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα συναρμογής των ψηφιακών μοντέλων των επιμέρους μελετών και ανταλλαγής δεδομένων με όλες τις ομάδες του έργου (Αρχιτέκτονας, Πολιτικός Μηχανικός, Ηλεκτρολόγος, Μηχανολόγος κλπ.) σε ένα περιβάλλον συμβατό με το πρότυπο διαλειτουργικότητας IFC για το BIM.

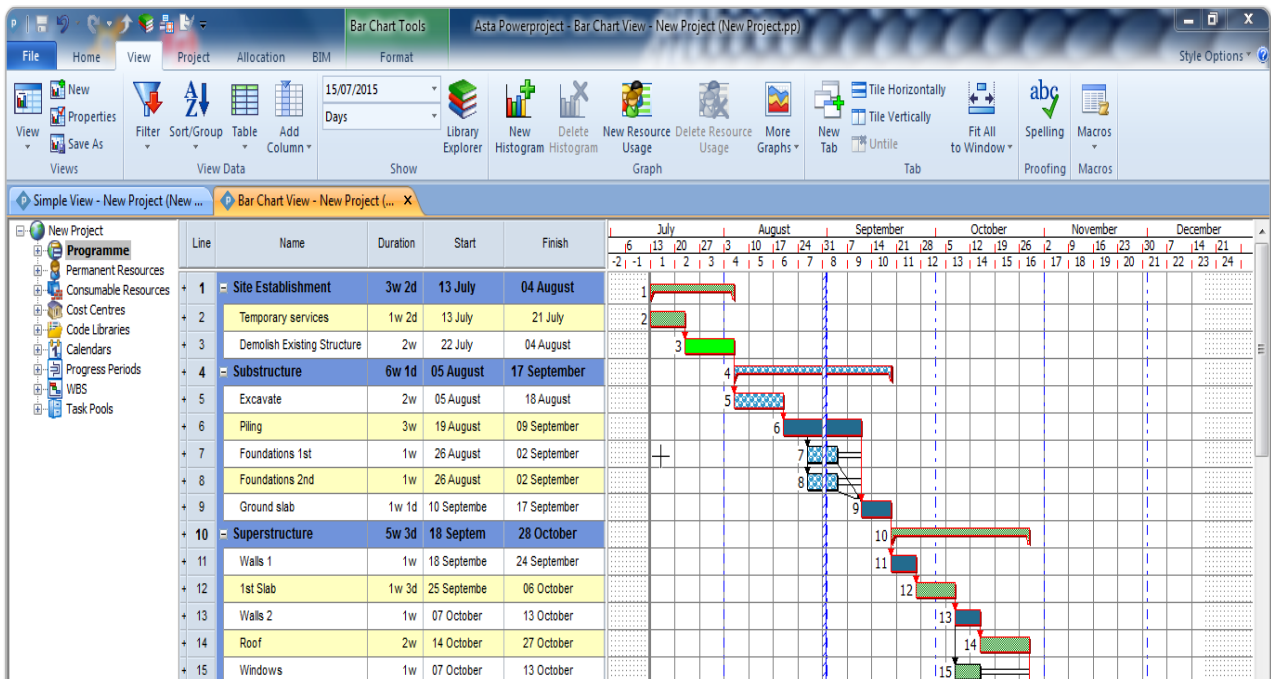
Τα αρχεία IFC τα οποία χρησιμοποιεί το Asta Powerproject BIM μπορεί να είναι αποθηκευμένα τοπικά ή να αποθηκεύονται στον διαδικτυακό τόπο Elecosoft BIMCloud που παρέχει η εταιρεία. Η αποθήκευση των αρχείων στο Elecosoft BIMCloud καθιστά δυνατή τη συνεργασία μεταξύ όλων των ομάδων έργου σε πραγματικό χρόνο και την ανταλλαγή δεδομένων του έργου από ένα ενοποιημένο και διαλειτουργικό μοντέλο.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM



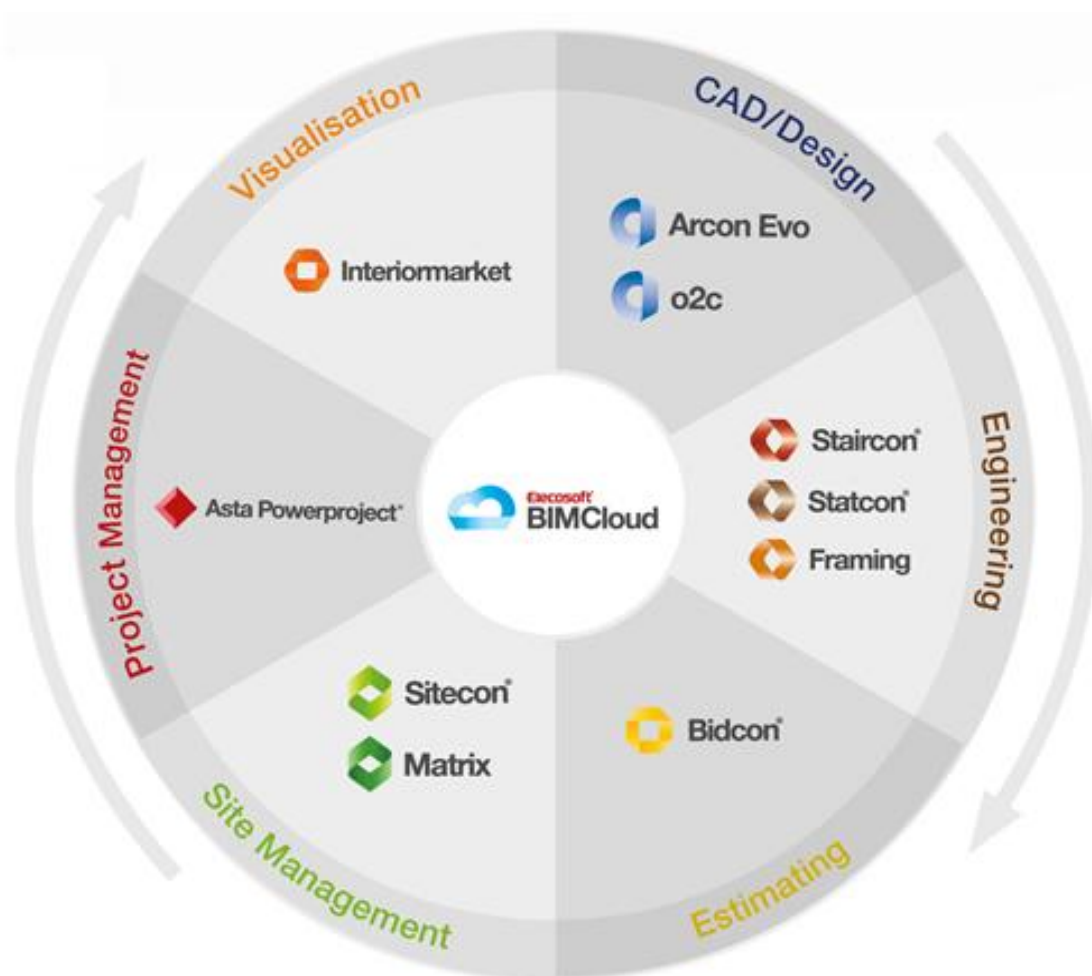
Εικ. 6.1: Από την ιστοσελίδα της Elecosoft (<http://www.elecosoft.com/software/asta-powerproject/>)



Εικ. 6.2: Από την ιστοσελίδα του Asta Powerproject (<http://www.astapowerproject.com/software/asta-powerproject-bim/>)

6.1.2 Ιστορική εξέλιξη [40]

Η Elecosoft UK Ltd ανήκει στην Elecosoft plc, μία εταιρία προσανατολισμένη στην ανάπτυξη λογισμικού και υπηρεσιών για τον κλάδο των Τεχνικών Έργων (AEC - Architectural, Engineering and Construction). Ιδρύθηκε το 1895 και για 120 περίπου χρόνια προάγει την καινοτομία στα τεχνικά έργα. Τα προϊόντα της καλύπτουν τις πιο σημαντικές πτυχές του τομέα των κατασκευών, από την αρχική 3D σχεδίαση μέχρι τη διαχείριση του έργου, τον χρονικό προγραμματισμό (4D) και την εκτίμηση του κόστους φτάνοντας στο 5D BIM. Τα λογισμικά αυτά είναι διαθέσιμα παγκοσμίως (βλ. εικ. 6.3)



Εικ. 6.3: Το λογισμικό που παρέχει η Elecosoft

Από την ιστοσελίδα της Elecosoft <http://www.elecosoft.com/software/elecosoft-bimcloud/>

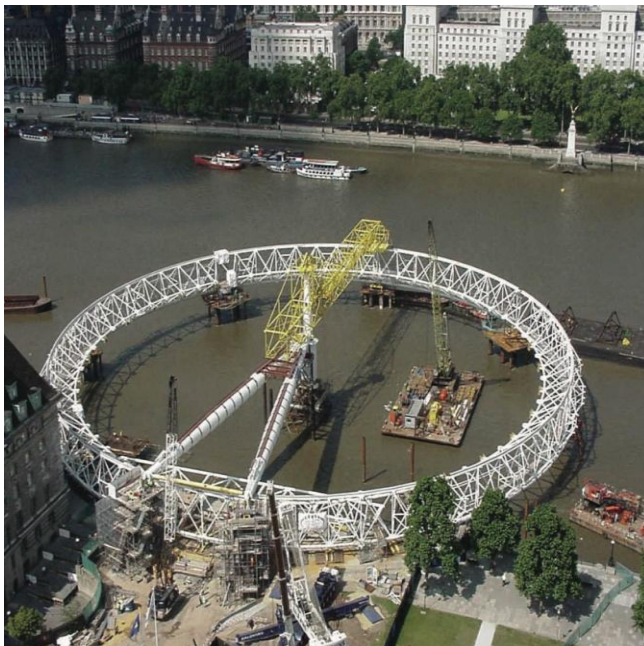
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Το Asta Powerproject είναι το βασικό προϊόν της Elecosoft UK Ltd, κυκλοφόρησε το 1988 και αποτέλεσε ένα εξαιρετικά καινοτόμο λογισμικό για τον προγραμματισμό και τη διαχείριση της κατασκευής τεχνικών έργων. Το λογισμικό αυτό εξελίχθηκε με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας BIM, ως προαιρετική δυνατότητα που συνδέει τον χρονικό προγραμματισμό της κατασκευής ενός έργου με το 3D ψηφιακό μοντέλο του έργου.

Αναγνωρισμένο διεθνώς ως μία από τις κορυφαίες λύσεις λογισμικού διαχείρισης έργων έχει χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη της διαχείρισης έργων υψηλών προδιαγραφών και απαιτήσεων μεταξύ των οποίων είναι:

- Το αεροδρόμιο Schiphol στο Άμστερνταμ
- Το πάρκο Jumeirah στο Ντουμπάι
- Το London Eye στο Λονδίνο (βλ εικ. 6.4)
- Ο ουρανοξύστης Shard στο Λονδίνο (βλ εικ. 6.5)
- Το διαστημικό λεωφορείο (The Space Shuttle) στη Νέα Ορλεάνη
- Ο αυτοκινητόδρομος Ipswich στην Μπρίσμπεϊν
- Το κτήριο του Reichstag στο Βερολίνο



Εικ. 6.4: Το London Eye κατά την κατασκευή και ολοκληρωμένο
http://www.capmc.net/Case_Studies/London_Eye_Mace.pdf

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM



Εικ. 6.5 Ο πύργος Shard στο Λονδίνο

<http://www.astapowerproject.com/wp-content/uploads/2015/10/Mace-The-Shard-Case-Study.pdf>

6.1.3 Γιατί το Asta Powerproject BIM[41]

Βραβευμένο για 2 συνεχόμενα χρόνια (2014-2015) ως το καλύτερο προϊόν για τη διαχείριση και τον προγραμματισμό τεχνικών έργων το Asta Powerproject BIM διαθέτει μία πληθώρα πλεονεκτημάτων, όπως, μεταξύ άλλων:

- Διαθέτει ένα περιβάλλον εργασίας αρκετά φιλικό προς τον χρήστη.
- Μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε έργα μικρού μεγέθους όσο και σε μεγαλύτερα.
- Προσφέρει υψηλής ποιότητας γραφική παρουσίαση του προγράμματος του έργου και εύκολη εκτύπωση.
- Οι άδειες για τη χρήση του λογισμικού είναι οικονομικά συμφέρουσες, καθώς δίνεται η δυνατότητα να τις μοιράζονται περισσότεροι χρήστες.
- Με το Asta Powerproject Enterprise, περισσότερα άτομα σε ένα εταιρικό περιβάλλον μπορούν να έχουν πρόσβαση στον προγραμματισμό ενός έργου και στις πληροφορίες του, δουλεύοντας ταυτόχρονα και επιτυγχάνοντας καλύτερη συνεργασία
- Παρέχει τη δυνατότητα 4D σχεδιασμού καθώς συνδέεται με το 3D BIM μοντέλο του έργου, εξασφαλίζοντας πλήρη έλεγχο της αλληλουχίας των δραστηριοτήτων και προσομοίωση της χρονικής εξέλιξης της κατασκευής του έργου (animation).
- Με την πρόσθετη εφαρμογή (module) Site Progress Mobile ο χρήστης μπορεί να ενημερώνει αυτομάτως το χρονοδιάγραμμα ενός έργου με πληροφορίες για την πραγματική πρόοδο των εργασιών που λαμβάνονται στο εργοτάξιο και αποστέλλονται μέσω διαδικτύου στην έδρα της εταιρίας ή οπουδήποτε αλλού.
- Είναι συμβατό με άλλα προγράμματα όπως Microsoft Project, Oracle Primavera και SureTrak

6.1.4 Συνοπτική περιγραφή των βασικών λειτουργιών του Asta Powerproject BIM

Η Elecosoft προωθεί εδώ και αρκετά χρόνια τη διασύνδεση της τεχνολογίας BIM με τις διαδικασίες και τα εργαλεία διαχείρισης των έργων, παρέχοντας λογισμικό και λύσεις προσανατολισμένα σε αυτήν την κατεύθυνση.

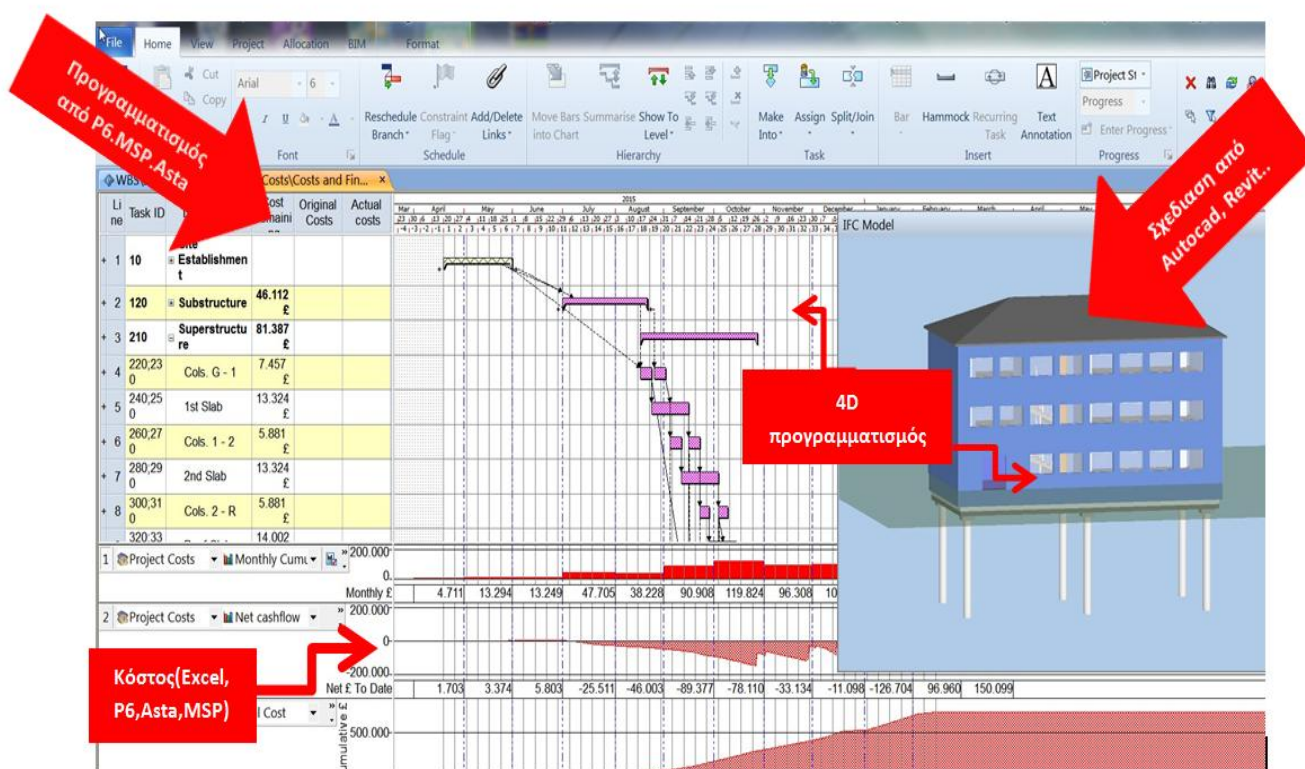
Με τη 4D ψηφιακή μοντελοποίηση, όλα τα στοιχεία του τρισδιάστατου μοντέλου συνδέονται με το χρονοδιάγραμμα και απεικονίζουν την εξέλιξη της κατασκευής με την πάροδο του χρόνου, επιτυγχάνοντας σημαντική βελτίωση της ποιότητας των εγγράφων και της συνεργασίας των εμπλεκόμενων στην κατασκευή ενός έργου.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Το Asta Powerproject BIM υλοποιεί την παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιώντας μοντέλα σε αρχεία συμβατά με το πρότυπο IFC. Η διαδικασία είναι αρκετά απλή, αφού το μόνο που χρειάζεται να κάνει ο χρήστης είναι να 'σύρει' τα αντικείμενα του μοντέλου στο υπόβαθρο του χρονικού προγραμματισμού και να δημιουργήσει αυτόματα τις αντίστοιχες δραστηριότητες (tasks) του χρονοδιαγράμματος.

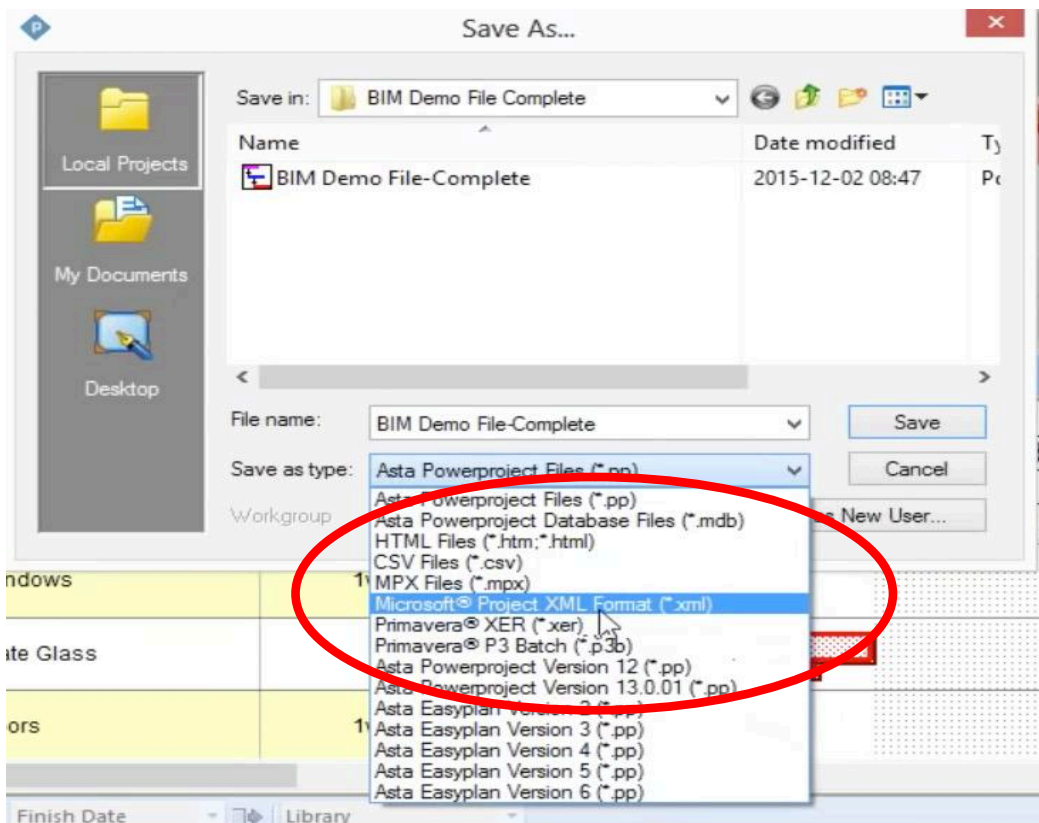
Στη συνέχεια, οι δραστηριότητες αυτές μπορούν να συνδεθούν, να τροποποιηθούν και να δημιουργηθεί ένα 3D βίντεο με την εξέλιξη της κατασκευής. Υπάρχουν ακόμα πολλές δυνατότητες, όπως η λήψη στιγμιότυπων σε οποιαδήποτε φάση της κατασκευής και η σύγκριση, γραφικά και οπτικά του προγραμματισμένου χρονοδιαγράμματος με το πραγματικό. (βλ εικ. 6.6)



Εικ. 6.6 Το περιβάλλον εργασίας του Asta Powerproject BIM

Τέλος τα αρχεία προγραμματισμού της κατασκευής μπορεί να σωθούν και σε άλλη μορφή εκτός του Asta Powerproject, ώστε να είναι αναγνώσιμα και από άλλα λογισμικά χρονικού προγραμματισμού, όπως το Primavera P6 ή το Microsoft Project, εφόσον το επιθυμεί ο χρήστης (βλ εικ. 6.7).

Μεγαλύτερη ανάλυση και περιγραφή του προγράμματος ακολουθεί στην επόμενη ενότητα.



Εικ. 6.7 Φύλαξη αρχείων του Asta Powerproject BIM με άλλη μορφή αναγνώσιμη και από άλλα λογισμικά

6.1.5 Περιγραφή του περιβάλλοντος εργασίας και των λειτουργιών του προγράμματος

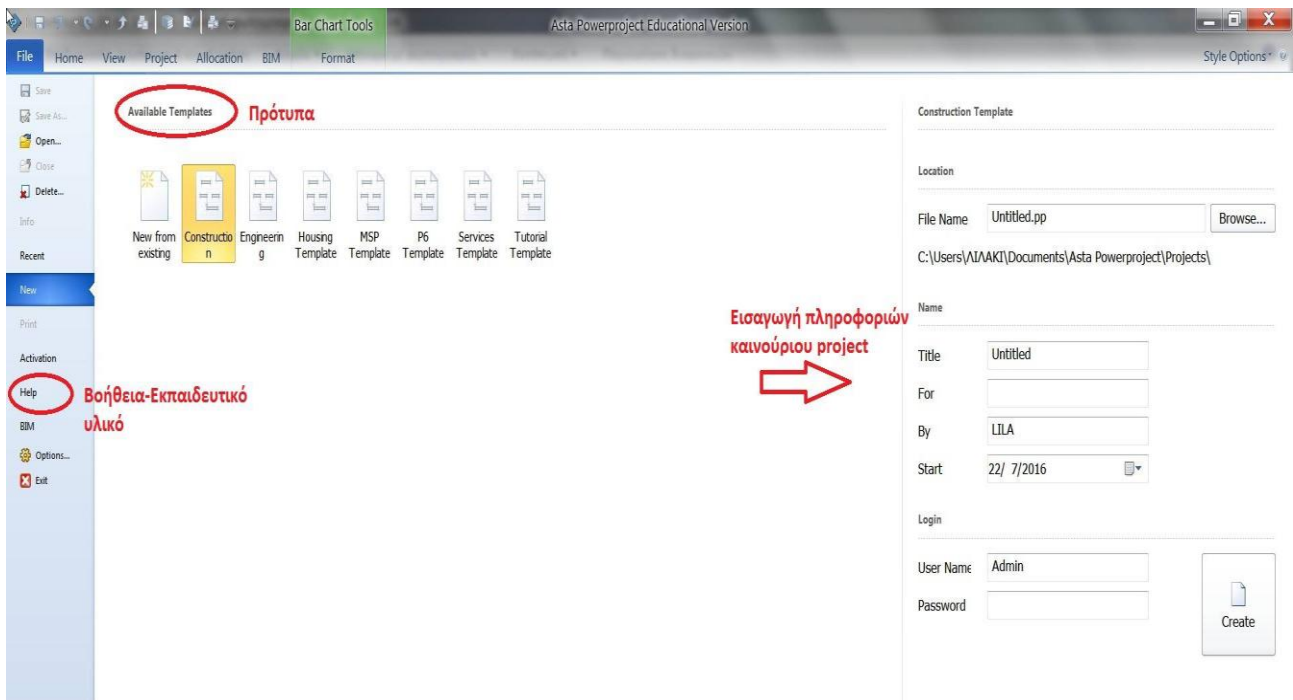
Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες ενότητες, το Asta Powerproject BIM διαθέτει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον εργασίας το οποίο έχει πολλά κοινά στοιχεία με το Microsoft Office. Αυτό διακρίνεται εύκολα από την αρχική οθόνη του προγράμματος, αλλά και από το τυπικό περιβάλλον εργασίας.

Στην αρχική οθόνη (βλ εικ. 6.8), το πρώτο που εμφανίζεται είναι το file menu, το οποίο διαθέτει βοήθεια και εκπαιδευτικό υλικό για τον χρήστη (Help, Tutorial).

Για τη δημιουργία ενός νέου project, ο χρήστης καλείται να διαλέξει ένα υπόδειγμα (ή πρότυπο, template) πάνω στο οποίο θα δουλέψει (Construction template, Engineering template κλπ) και στη συνέχεια ορίζει τον τίτλο του νέου έργου και το όνομα του αρχείου στο οποίο θα αποθηκευτεί και καθορίζει την ημερομηνία έναρξης του έργου αλλά και τα στοιχεία του συντάκτη του χρονοδιαγράμματος.

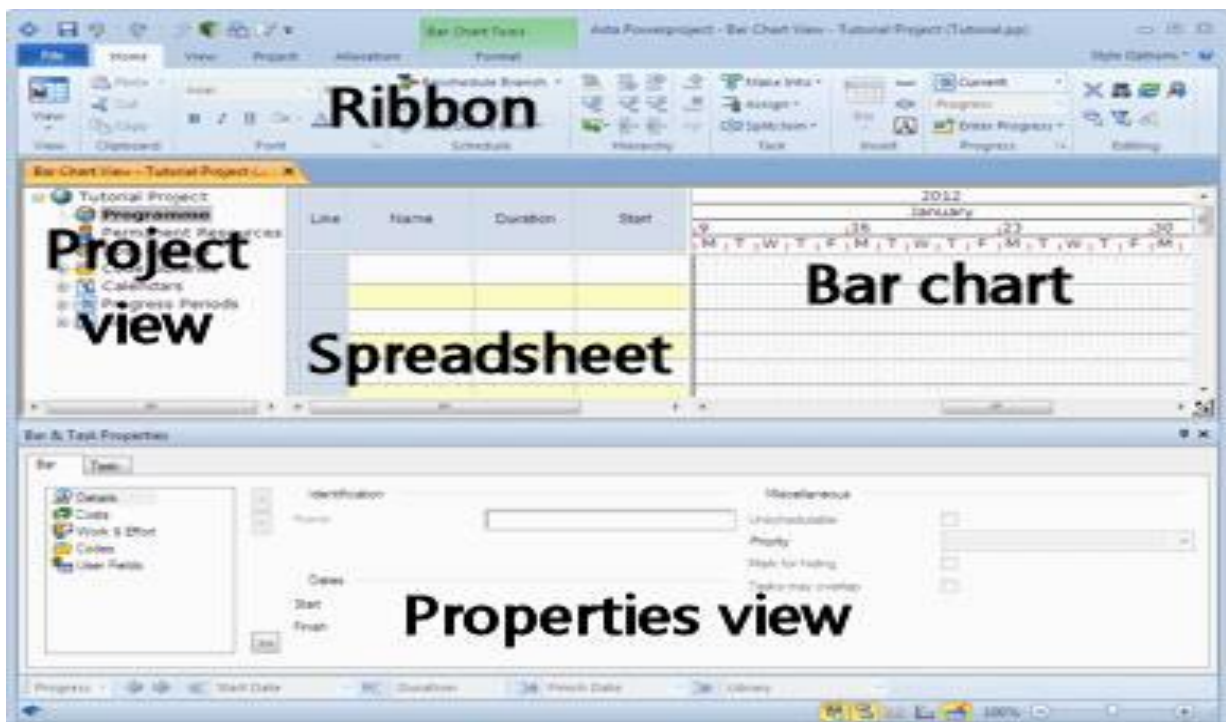
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM



Εικ. 6.8: Η αρχική οθόνη του Asta Powerproject BIM για τη δημιουργία νέου έργου

Μετά τη δημιουργία του νέου έργου (project), εμφανίζεται το βασικό περιβάλλον εργασίας του προγράμματος, στο οποίο μπορούμε να διακρίνουμε ότι η οθόνη χωρίζεται σε 5 βασικές περιοχές (βλ. εικ. 6.9), που περιγράφονται στη συνέχεια:



Εικ. 6.9.: Το βασικό περιβάλλον εργασίας του Asta Powerproject BIM

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

- Η περιοχή **Ribbon (εικ. 6.13)**:

Περιέχει όλες τις εντολές που θα χρειαστεί κάποιος για τη ρύθμιση και τη χρήση του προγράμματος και για την επεξεργασία του χρονοδιαγράμματος. Οι εντολές (commands) οργανώνονται σε λογικές ομάδες (groups), οι οποίες συγκεντρώνονται σε καρτέλες (tabs) ανάλογα με τη λειτουργία που εξυπηρετούν.

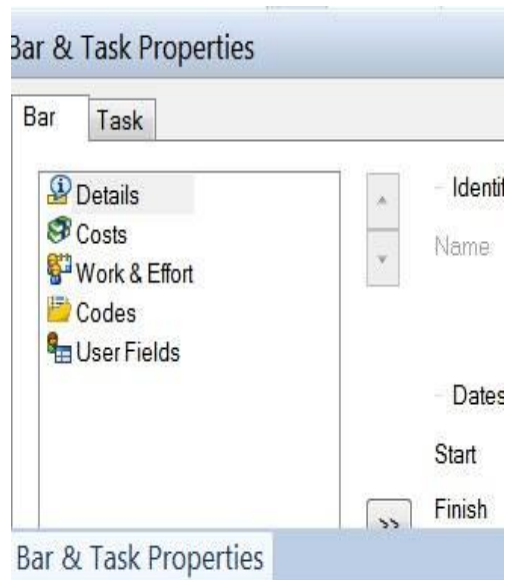


Εικ. 6.13

- Η περιοχή **Properties view (εικ. 6.14)**:

Σε αυτήν γίνεται η εμφάνιση και η διαχείριση (καθορισμός, τροποποίησης κλπ) των ιδιοτήτων και των στοιχείων μιας επιλεγμένης δραστηριότητας.

Εμφανίζεται στο κάτω μέρος της οθόνης και περιλαμβάνει επιμέρους καρτέλες, κάθε μία από τις οποίες αναφέρεται σε ένα διαφορετικό σύνολο πληροφοριών για κάθε δραστηριότητα.



Εικ. 6.14

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

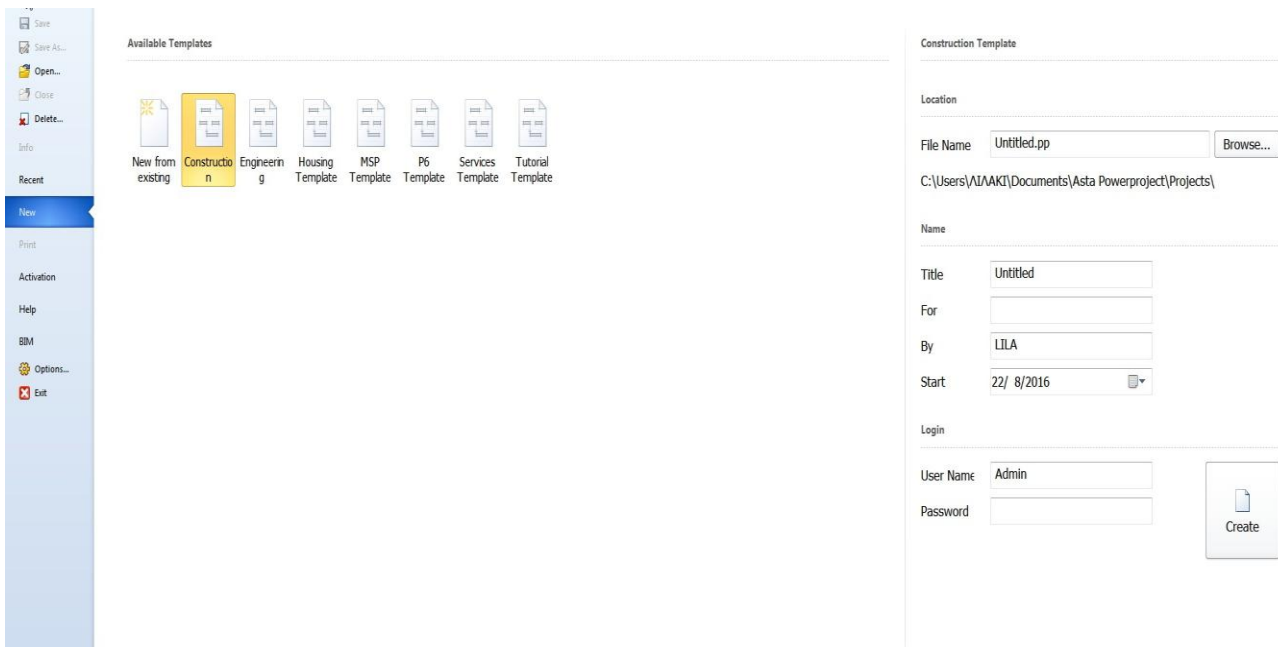
Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

6.2 Βασικές λειτουργίες και εντολές χρονικού προγραμματισμού

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε η μελέτη χρονικού προγραμματισμού (4D ανάλυση) ενός οικοδομικού έργου (διώροφο κτήριο γραφείων) με τη χρήση του Asta Powerproject BIM. Έχοντας ήδη το 3D ψηφιακό μοντέλο του έργου, μπορούμε να το εισάγουμε στο πρόγραμμα, το οποίο θα κρατήσει αναλλοίωτες όλες τις πληροφορίες τις οποίες διαθέτει ήδη το μοντέλο.

Στη συνέχεια περιγράφονται διεξοδικά τα βήματα για την κατάρτιση του χρονοδιαγράμματος ενός έργου με βάση ένα δοσμένο 3D ψηφιακό μοντέλο.

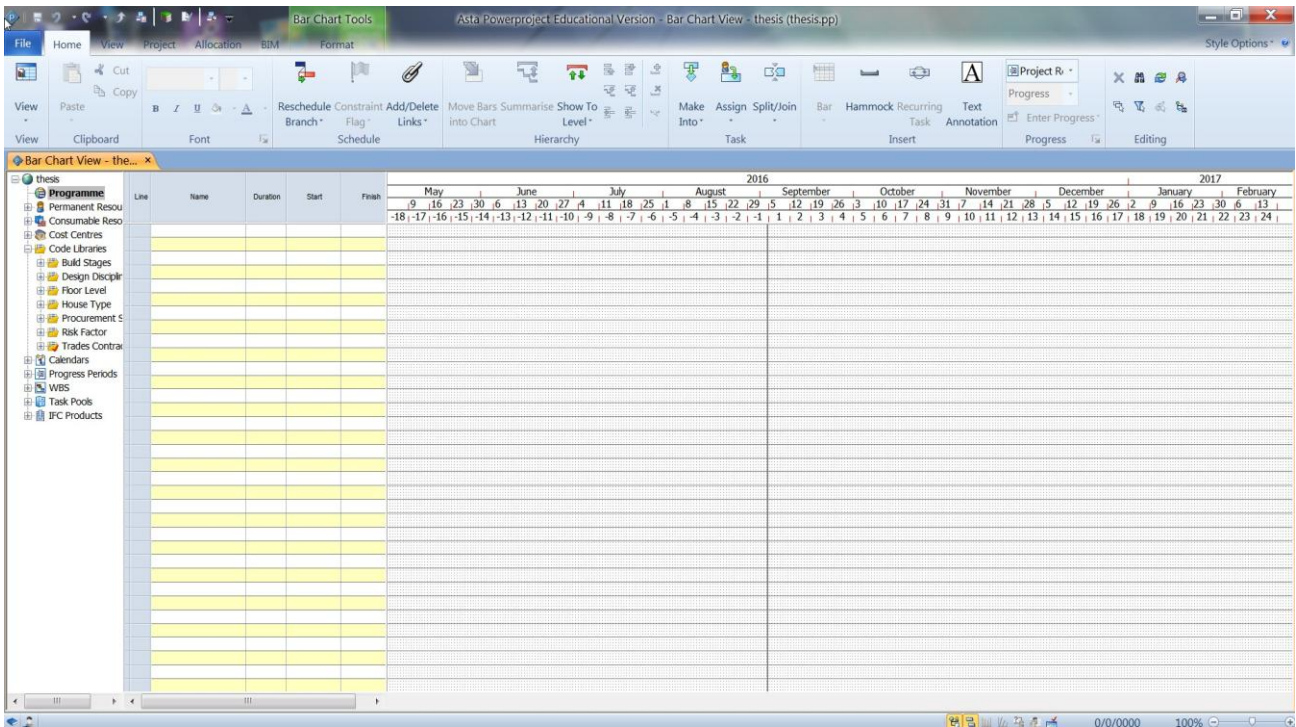
Αρχικά δημιουργούμε ένα καινούριο έργο (project) κάνοντας κλικ στην επιλογή NEW και συμπληρώνουμε το όνομα του έργου καθώς και την ημερομηνία που θέλουμε να γίνει η έναρξη του (εικ. 6.15).



Εικ. 6.15: Δημιουργία νέου έργου

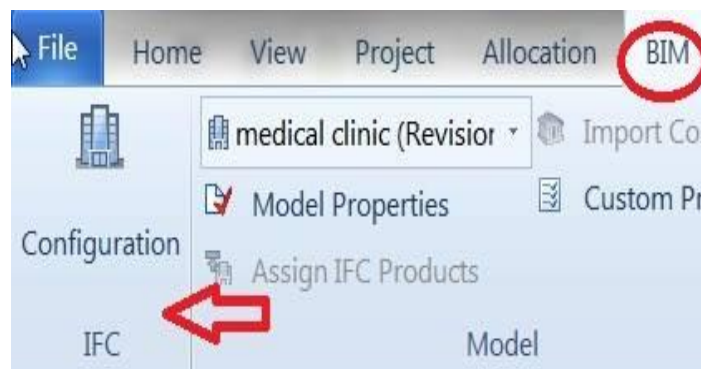
Ακολούθως, πατώντας το κουμπί Create θα εμφανιστεί η αρχική οθόνη του προγράμματος, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (βλ εικ. 6.16).

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Εικ. 6.16: Η αρχική οθόνη του προγράμματος

Για την εισαγωγή του 3D ψηφιακού μοντέλου του έργου του οποίου θέλουμε να κάνουμε το χρονοδιάγραμμα, πρέπει να επιλέξουμε πάνω στην γραμμή εργαλείων την καρτέλα BIM και στη συνέχεια την επιλογή Configuration with IFC με το οποίο ουσιαστικά θα γίνει η αναζήτηση στον υπολογιστή των διαθέσιμων αρχείων τύπου IFC για να επιλέξουμε το αρχείο που θέλουμε (βλ εικ. 6.17).

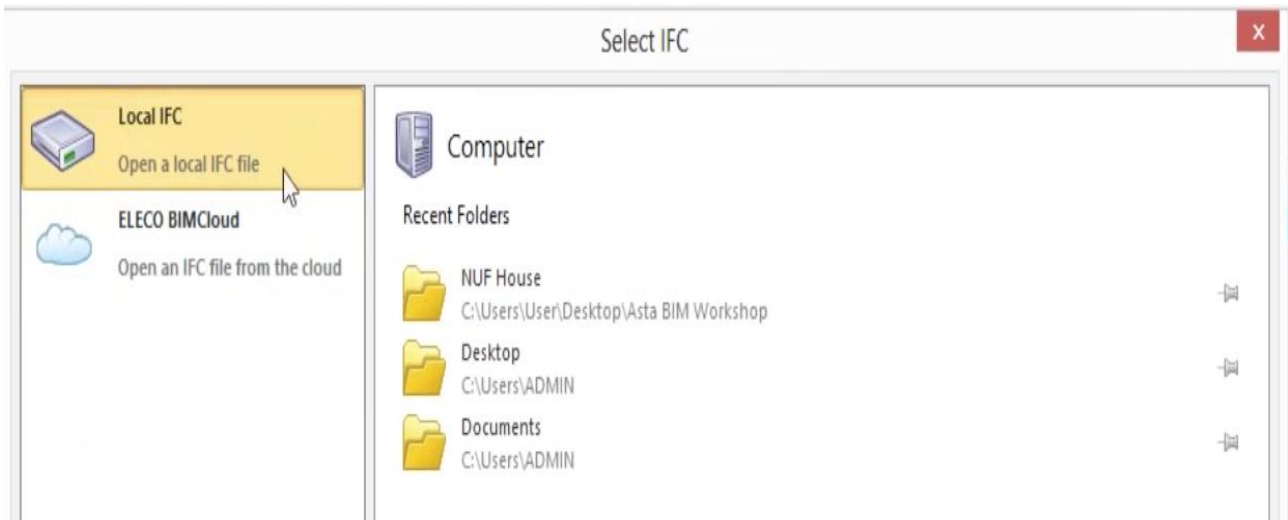


Εικ. 6.17: Αναζήτηση και ανάγνωση αρχείου IFC με το 3D μοντέλο του έργου

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

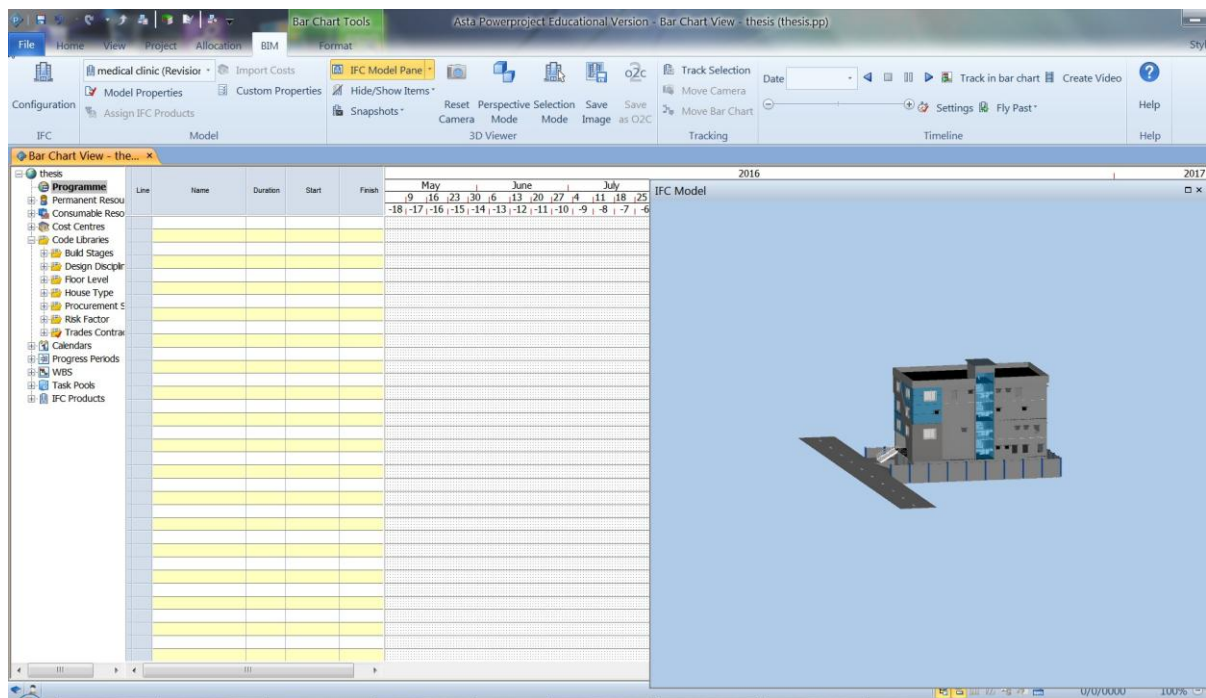
Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Εμφανίζεται στην οθόνη μία λίστα με αρχεία IFC που έχουν ήδη δημιουργηθεί για το έργο από άλλες εφαρμογές (π.χ. αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, στατικής ανάλυσης, μηχανολογικής μελέτης, κλπ) και επιλέγουμε κάποιο από αυτά. Υπάρχει και η δυνατότητα επιλογής ενός τέτοιου αρχείου από τον κοινό χώρο εργασίας Eleco BIMCloud στο διαδίκτυο (βλ εικ.6.18).



Εικ. 6.18: Αναζήτηση αρχείου IFC από το διαδίκτυο

Μετά την επιλογή του αρχείου IFC, στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται και το αντίστοιχο 3D ψηφιακό μοντέλο του έργου (βλ εικ.6.19).



Εικ. 6.19: Εμφάνιση του 3D μοντέλου του έργου στην οθόνη του χρονικού προγραμματισμού

6.2.1 Ιδιότητες και πληροφορίες των έξυπνων αντικειμένων του μοντέλου

Προτού προχωρήσουμε στην περιγραφή της διαδικασίας σύνδεσης των δραστηριοτήτων του χρονικού προγραμματισμού με τα δομικά στοιχεία (ή αντικείμενα) του μοντέλου, θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να δούμε από ποιά δομικά στοιχεία – αντικείμενα αποτελείται το μοντέλο και τι πληροφορίες υπάρχουν μέσα στο μοντέλο για το κάθε ένα από αυτά.

Βρισκόμενοι πάντα στην καρτέλα BIM, κάνοντας κλικ στην εντολή Selection Mode (βλ. εικ. 6.20) μπορούμε να επιλέξουμε κάποιο από τα αντικείμενα που συνθέτουν το 3D μοντέλο.



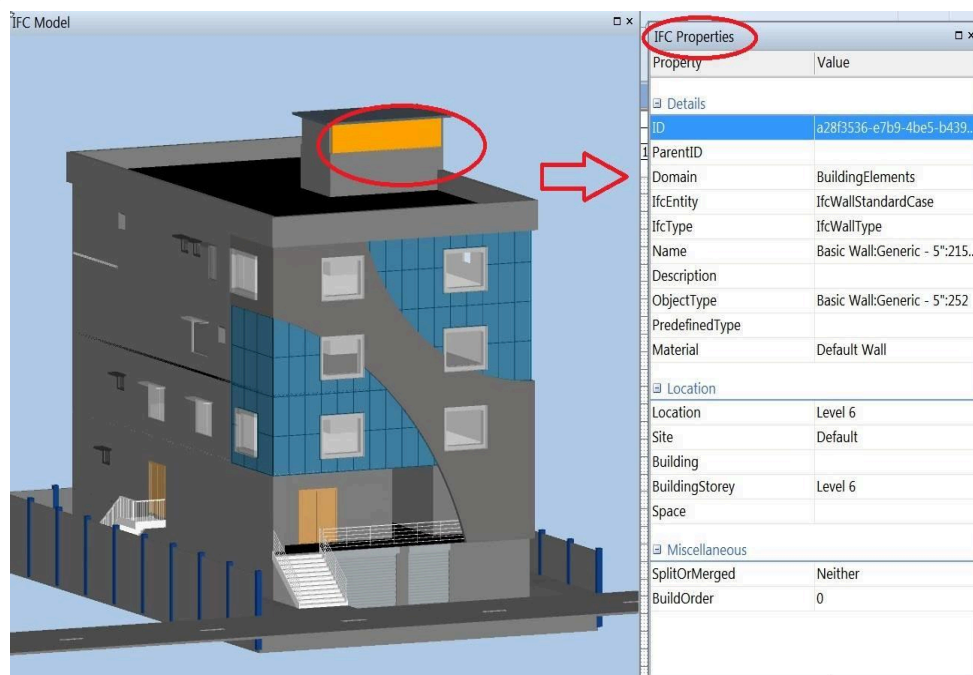
Εικ. 6.20

Εφόσον το έχουμε επιλέξει αλλάζοντας την επιλογή από IFC Model Panel σε IFC Properties Panel (βλ. εικ. 6.21), εμφανίζεται ένας πίνακας ο οποίος παρέχει πληροφορίες για τον συγκεκριμένο στοιχείο.

Εικ. 6.21



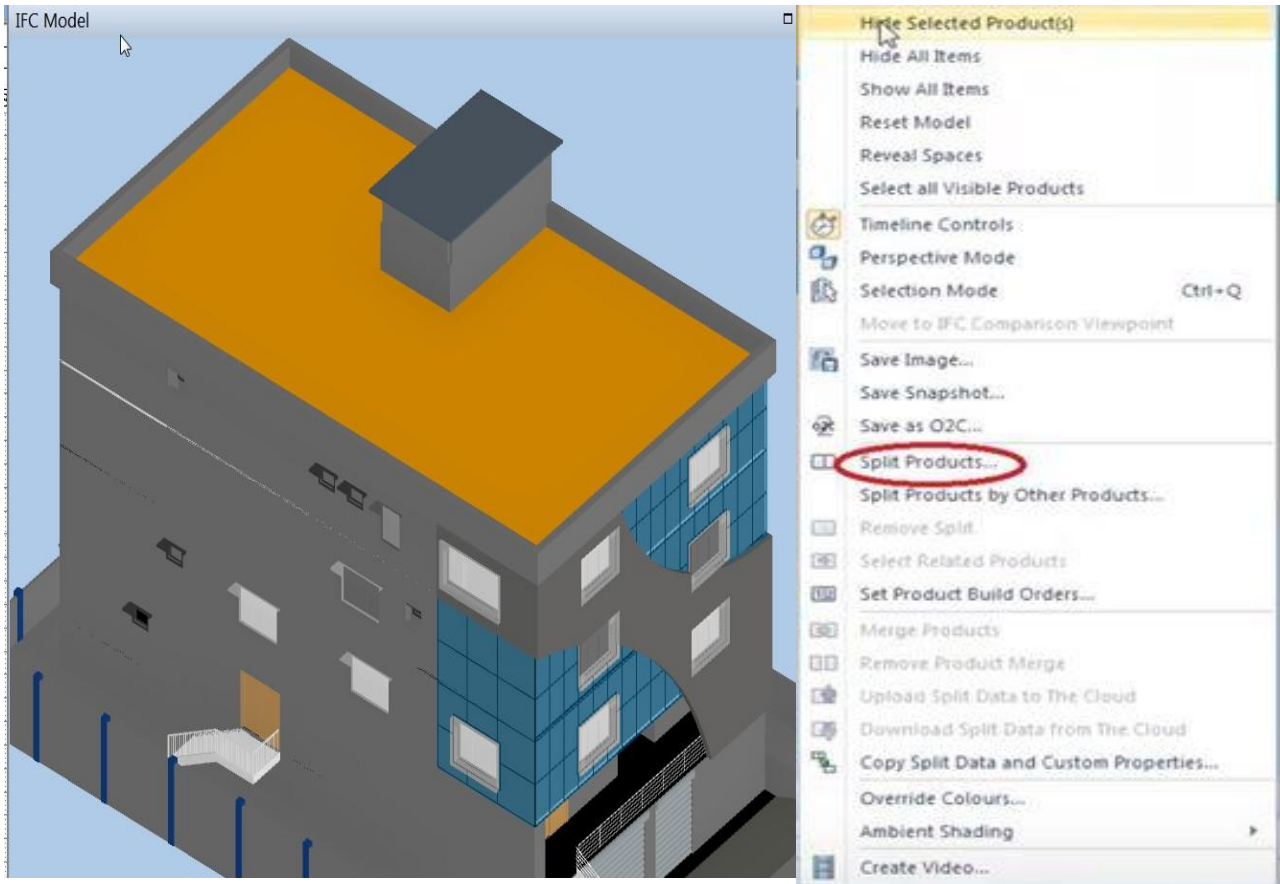
Για παράδειγμα επιλέγοντας ένα τοίχο μπορούμε να δούμε σε ποίο όροφο βρίσκεται, το είδος του τοίχου κλπ (βλ. εικ. 6.22).



Εικ. 6.22

6.2.2 Διάρθρωση αντικειμένου

Μία ακόμη δυνατότητα του προγράμματος είναι η «διαίρεση» ενός αντικειμένου, που έχει σχεδιαστεί μεν ως ενιαίο αλλά για λόγους κατασκευαστικούς θα πρέπει στο χρονοδιάγραμμα να καταμηθεί σε περισσότερες της μιας δραστηριότητες. Έχοντας ενεργοποιημένο το Selection Mode, επιλέγουμε το αντικείμενο που θέλουμε και κάνοντας δεξί κλικ εμφανίζεται μία λίστα με διάφορες επιλογές (βλ εικ.6.23).

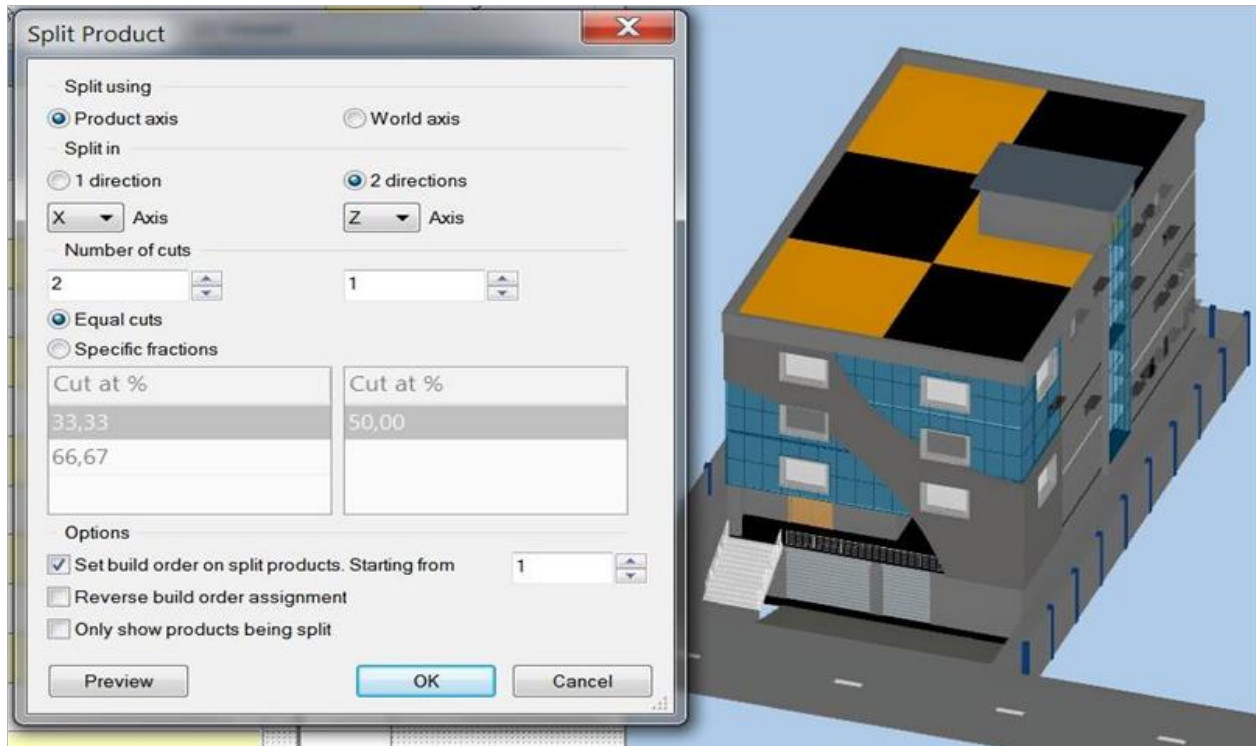


Εικ. 6.23: Διάρθρωση ενός αντικειμένου σε περισσότερα στοιχεία

Στη συνέχεια εμφανίζεται ένας πίνακας στον οποίο καθορίζουμε σε πόσα μέρη και σε πόσες κατευθύνσεις θα διαιρεθεί το αντικείμενο ενώ υπάρχει και η επιλογή της προεπισκόπησης για μπορούμε να δούμε την τελική μορφή της διαίρεσης πριν ακόμη αυτή εφαρμοστεί στο χρονοδιάγραμμα.

Ορίζουμε λοιπόν διαίρεση κατά δύο κατευθύνσεις, με δύο διαχωριστικές γραμμές στην x κατεύθυνση, μία στην y κατεύθυνση και βλέπουμε το αποτέλεσμα (βλ εικ. 6.24).

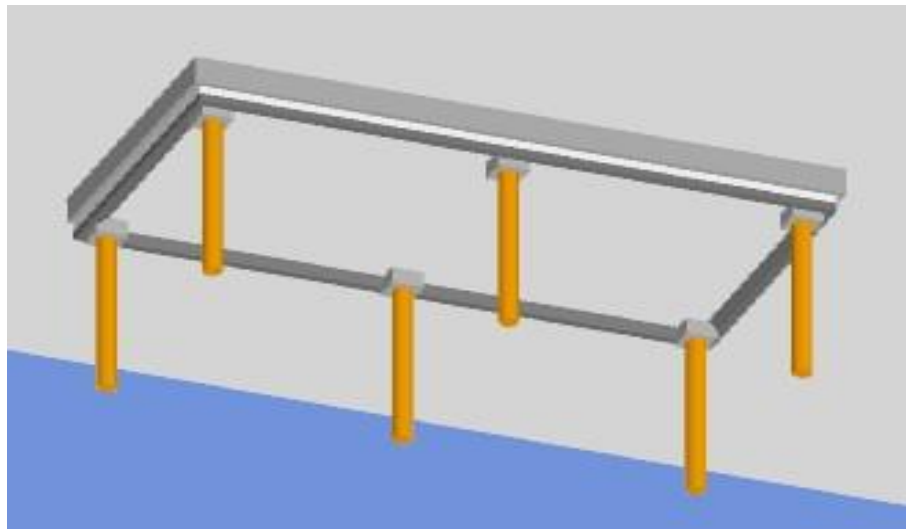
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Εικ. 6.24: Εμφάνιση του τρόπου διαίρεσης ενός αντικείμενου σε περισσότερα στοιχεία

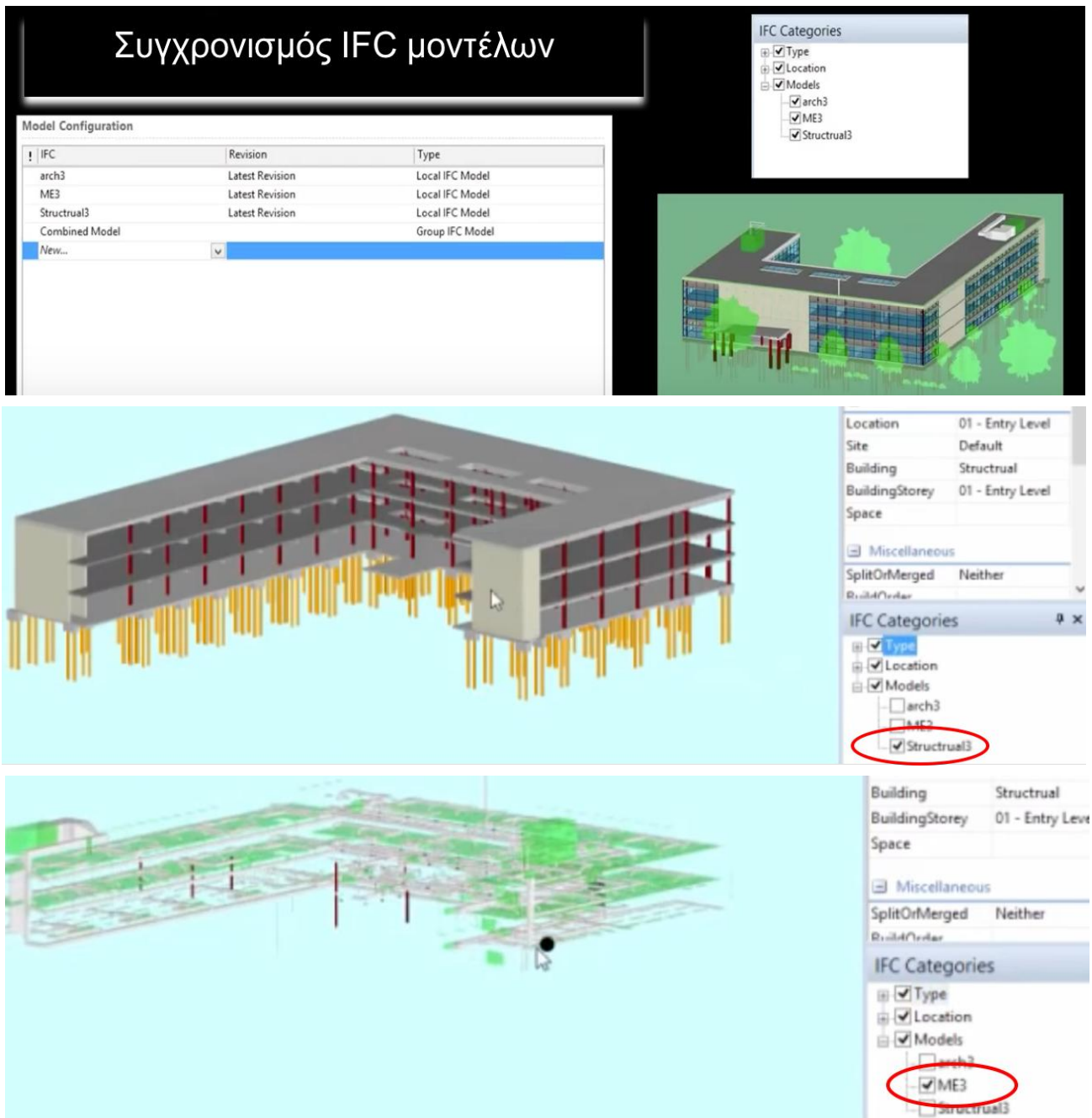
Έχοντας χωρίσει το αντικείμενο σε όσα μέρη επιθυμούμε μπορούμε να ορίσουμε και τη σειρά με την οποία θα κατασκευαστεί το κάθε τμήμα στο χρονοδιάγραμμα (επιλογή «Set product build orders»). Η επιλογή αυτή δεν αφορά μόνο αντικείμενα που έχουν προκύψει από διαίρεση αλλά και ένα οποιοδήποτε σύνολο αντικειμένων του μοντέλου που θεωρούμε ότι αποτελούν μία δραστηριότητα. Για παράδειγμα αν οι πάσσαλοι θεμελίωσης αποτελούν μία δραστηριότητα, μπορούμε να ορίσουμε τη σειρά με την οποία αυτοί οι πάσσαλοι θα κατασκευαστούν (βλ εικ. 6.25).

Εικ. 6.25



6.2.3 Συναρμογή IFC μοντέλων επιμέρους μελετών

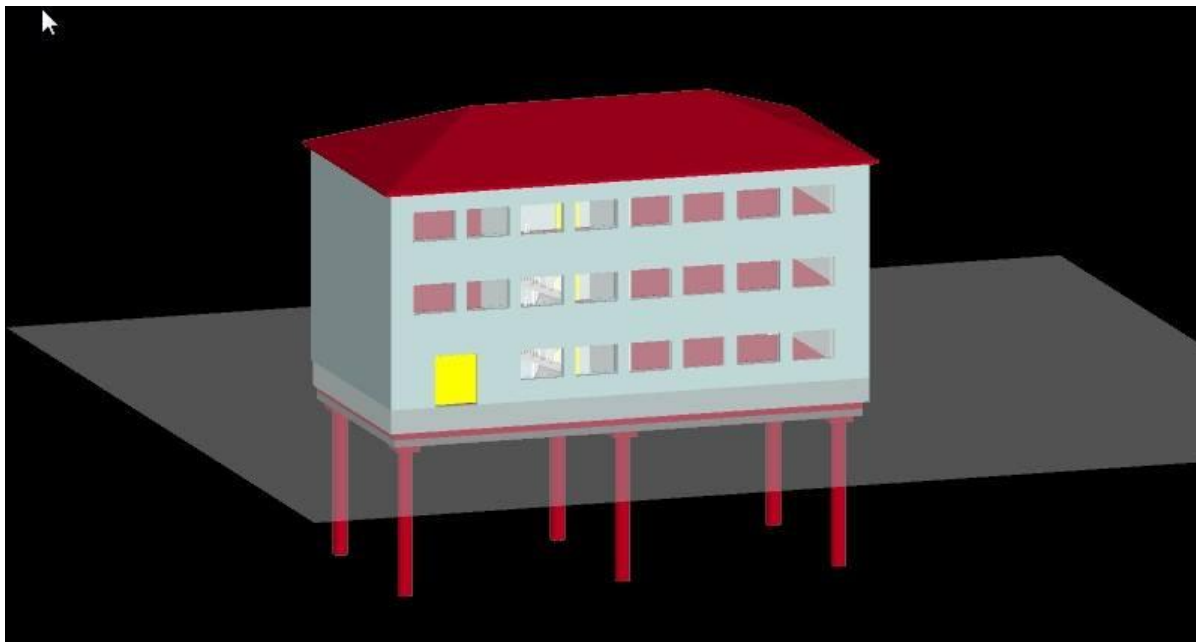
Σημαντική ιδιότητα του Asta Powerproject BIM είναι η δυνατότητα προβολής και συναρμογής πολλαπλών IFC μοντέλων για την προσομοίωση ενός έργου. Στην ίδια οθόνη μπορούμε να ενώσουμε το αρχιτεκτονικό μοντέλο, το στατικό μοντέλο και το ηλεκτρομηχανολογικό μοντέλο. Απλώς εισάγουμε στο πρόγραμμα τα αντίστοιχα IFC αρχεία, τα οποία μπορούν να υποστούν επεξεργασία είτε μεμονωμένα είτε συγχρονισμένα, δηλαδή ενωμένα σε ένα ενιαίο μοντέλο (βλ.εικ. 6.26)



Εικ. 6.26: Συγχρονισμός (ή συναρμογή) αρχιτεκτονικού, στατικού και μηχανολογικού μοντέλου

6.3 Η μελέτη χρονικού προγραμματισμού

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας έγινε ο χρονικός προγραμματισμός για την κατασκευή ενός διώροφου κτηρίου γραφείων, το συγχρονισμένο μοντέλο του οποίου δημιουργήθηκε από την βιβλιοθήκη αρχείων IFC του Asta Powerproject BIM (βλ. εικ. 6.27).



Εικ. 6.27: Το συγχρονισμένο 3D μοντέλο έργου που χρησιμοποιήθηκε για το χρονικό προγραμματισμό

Αρχικά δημιουργούμε ένα νέο έργο, σύμφωνα με τη διαδικασία που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, με όνομα «Διώροφο κτήριο γραφείων». Στη συνέχεια ορίζουμε ημερομηνία έναρξης του έργου την πρώτη εργάσιμη Δευτέρα του Φεβρουαρίου, δηλαδή την 6^η Φεβρουαρίου του 2017.

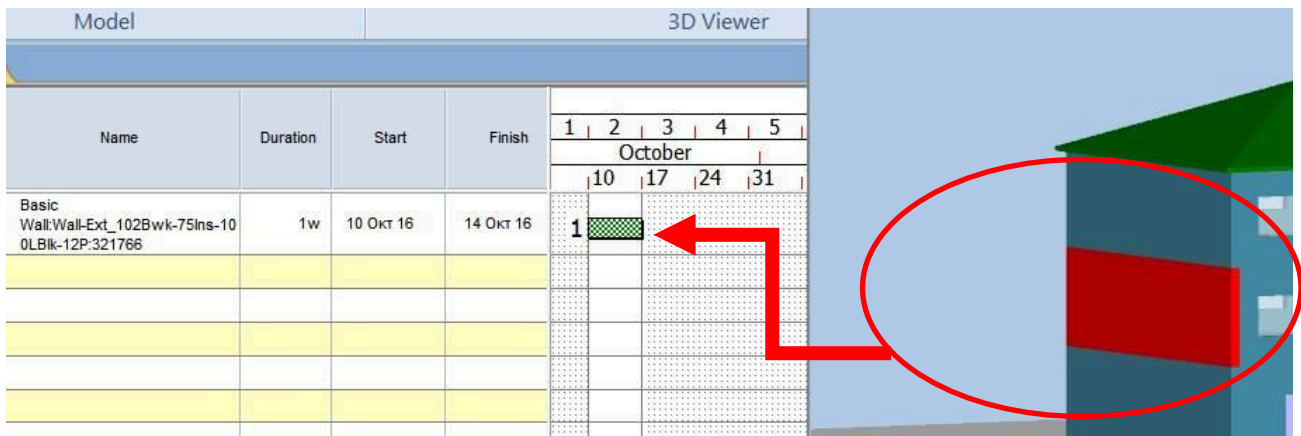
Στο ημερολόγιο του έργου είναι διαμορφωμένο με βάση 5 εργάσιμες μέρες την εβδομάδα, ενώ λαμβάνονται υπόψη οι διακοπές των Χριστουγέννων και οι αργίες.

6.3.1 Δημιουργία δραστηριοτήτων και σύνδεσή τους με τα αντικείμενα του μοντέλου

Στο Asta Powerproject BIM υπάρχουν δύο τρόποι δημιουργίας των δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος του έργου και σύνδεσής τους με τα αντικείμενα του μοντέλου.

Με τον πρώτο τρόπο, τον λεγόμενο Drag and Drop, η δραστηριότητα δημιουργείται επιλέγοντας με αριστερό κλικ οποιοδήποτε αντικείμενο πάνω στο 3D μοντέλο και σύροντας το στην περιοχή bar chart. Αυτομάτως δημιουργείται μία δραστηριότητα που συνδέεται με το αντικείμενο αυτό. Στη συνέχεια έχουμε τη δυνατότητα να ορίσουμε την περιγραφή, τη διάρκεια και τις αλληλουχίες με άλλες δραστηριότητες ή ακόμα και να την εξαρτήσουμε και με άλλα αντικείμενα του μοντέλου (βλ. εικ. 6.28).

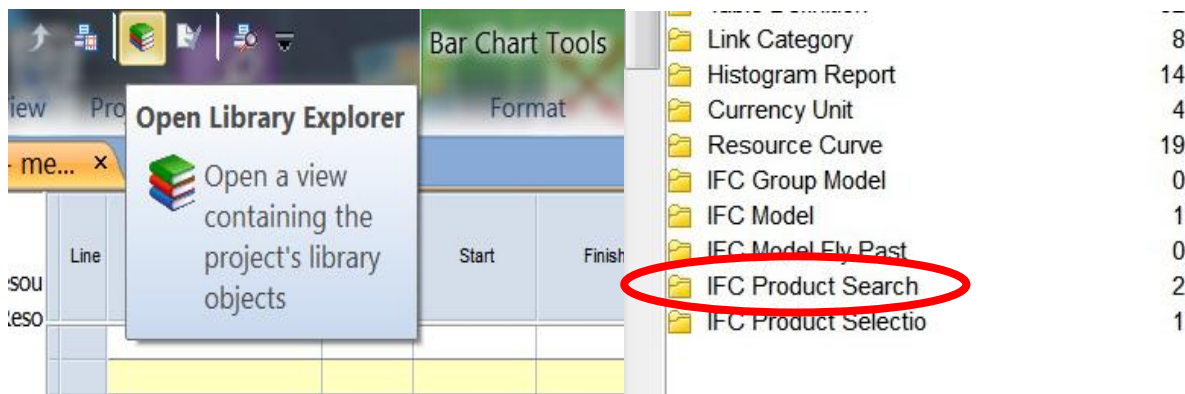
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Εικ. 6.28: Δημιουργία δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος με τη διαδικασία του Drag and Drop

Ο δεύτερος τρόπος, με τον οποίο και έγινε το χρονοδιάγραμμα για το συγκεκριμένο έργο στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, είναι με αυτόματη αναζήτηση και ομαδοποίηση των αντικειμένων (δομικών στοιχείων) που αναγνωρίζει το λογισμικό στο εκάστοτε IFC μοντέλο.

Μέσα στη βιβλιοθήκη εργαλείων που περιέχεται στο Asta Powerproject BIM (Library Explorer) υπάρχει και ένας φάκελος με ονομασία IFC Product Searches, δηλαδή αναζήτηση IFC αντικειμένων (βλ εικ. 6.29).



Εικ. 6.29: Το εργαλείο αναζήτησης IFC αντικειμένων στο 3D μοντέλο του έργου

Με το εργαλείο αυτό δημιουργούμε ένα καινούριο φάκελο, για παράδειγμα με το όνομα «θεμελίωση», εάν θέλουμε να αναζητήσουμε στο μοντέλο και να ομαδοποιήσουμε όλα τα στοιχεία τα οποία απαρτίζουν τα θεμέλια του κτηρίου. Για είναι η αναζήτηση αυτή επιβλητή ορίζουμε συγκεκριμένα κριτήρια αναζήτησης (βλ εικ. 6.30).

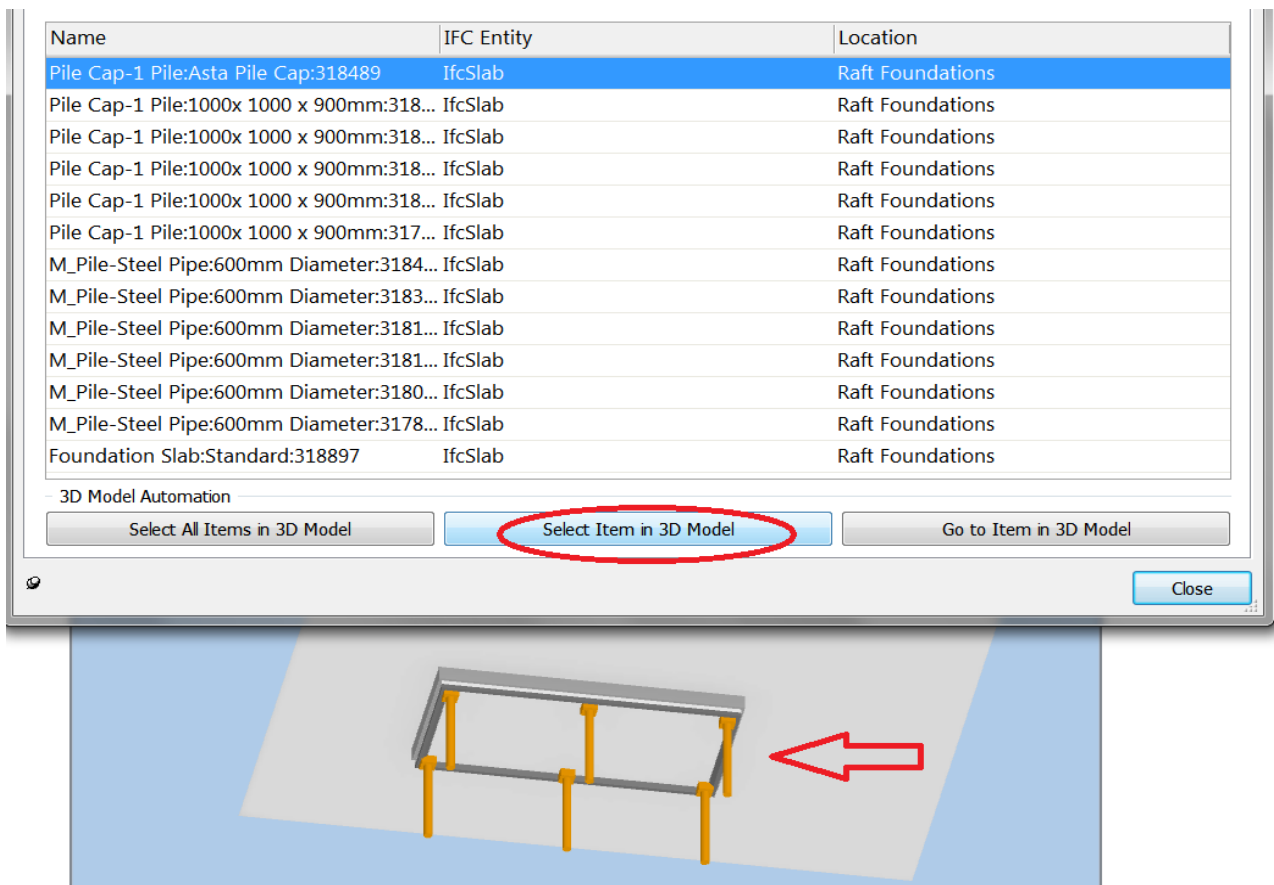
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Property	Condition	Value
ObjectType	Equals	M_Pile-Steel Pipe:600mm Diameter
Location	Equals	Raft Foundations

Εικ. 6.30: Κριτήρια αναζήτησης και ομαδοποίησης αντικειμένων του μοντέλου για την ομάδα «θεμελίωση»

Έχοντας ως πρώτο κριτήριο το είδος του αντικειμένου (πάσσαλοι) και ως δεύτερο τη θέση του στο συνολικό έργο (στάθμη θεμελίων), δημιουργούμε ένα φάκελο με όλους τους πασσάλους θεμελίωσης, οι οποίοι εντοπίζονται αυτόματα στο ψηφιακό μοντέλο του κτηρίου, ώστε να συνδεθούν στη συνέχεια με την αντίστοιχη δραστηριότητα που θα δημιουργηθεί (βλ εικ. 6.31).

**Εικ. 6.31: Εντοπισμός και ομαδοποίηση αντικειμένων του μοντέλου της ομάδας «θεμελίωση»**

Επαναλαμβάνοντας αυτή τη διαδικασία ομαδοποιούμε όλα τα αντικείμενα IFC που συνθέτουν το ψηφιακό μοντέλο του κτηρίου κατ'αρχήν π.χ. με βάση το επίπεδο στο οποίο βρίσκονται:

- Θεμέλια
- Πλάκα Ισογείου – Οροφή 1^{ου} ορόφου

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

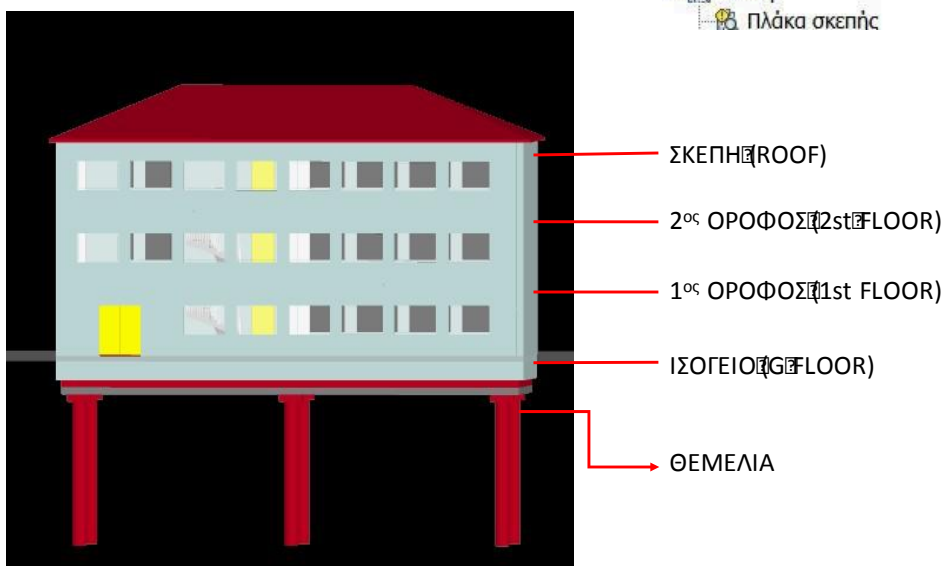
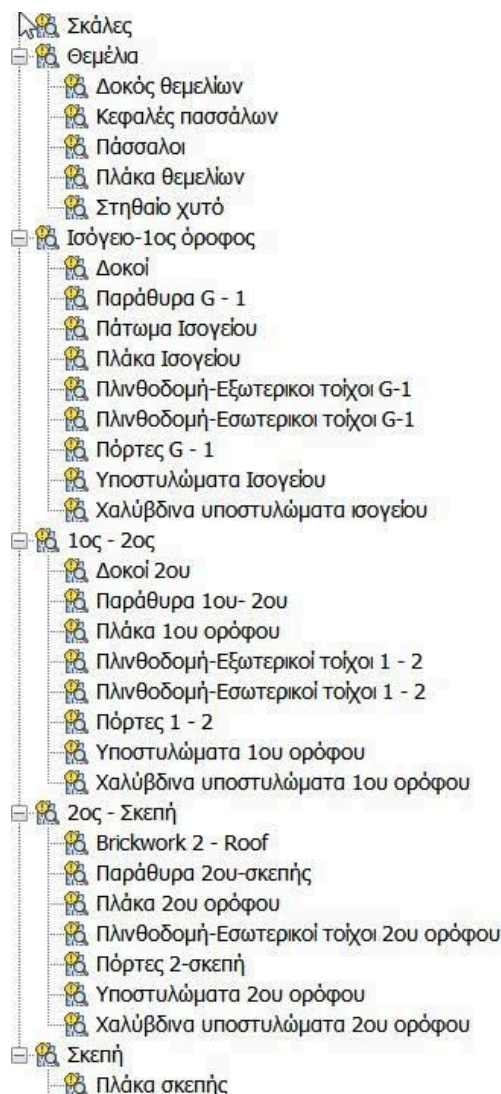
Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

- Πλάκα 1^{ου} ορόφου – Οροφή 2^{ου} ορόφου
- Πλάκα 2^{ου} ορόφου – Δώμα

Με τη διαδικασία αυτή δημιουργήθηκε μια ιεραρχική ανάλυση των αντικειμένων που συνθέτουν το 3D μοντέλο του έργου σε 1^ο επίπεδο (κατηγορίες) και 2^ο επίπεδο (ομάδες), όπως αυτή που εμφανίζεται στην εικ. 6.32.

Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι δυνατόν να δημιουργηθεί εκ των προτέρων μία τυπική δομή ομαδοποίησης των αντικειμένων ενός μοντέλου σε κατηγορίες και ομάδες, η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται σε κάθε έργο του ίδιου τύπου, αυτοματοποιώντας την παραπάνω διαδικασία στο Asta Powerproject BIM.

Εικ. 6.32: Η ιεραρχική ανάλυση του 3D μοντέλου του έργου



Εικ. 6.33: Το σκαρίφημα του έργου

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Σειρά έχει η δημιουργία των δραστηριοτήτων που συνδέονται με κάθε ομάδα αντικειμένων. Δημιουργήθηκαν 7 ομάδες δραστηριοτήτων με βάση το είδος αλλά και τη χρονική τους προτεραιότητα, Οι ομάδες αυτές είναι:

- Εγκατάσταση εργοταξίου
- Θεμελίωση
- Σκυροδετήσεις
- Τοιχοποιίες-εξωτερικό περίβλημα
- Εσωτερικό κτηρίου
- Ηλεκτρομηχανολογικές εργασίες
- Τελικές εργασίες

Στην εικ. 6.34 φαίνεται η τελική διάρθρωση των δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος που καταρτίστηκε.

Line	Name	Duration	Start	Finish
1	ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ	26w 2d	06 Φεβ 17	23 Αυγ 17
2	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ	1w 2d	06 Φεβ 17	14 Φεβ 17
3	Καθαρισμός	2d	06 Φεβ 17	07 Φεβ 17
4	Περίφραξη	1d	07 Φεβ 17	07 Φεβ 17
5	Εκσκαφές έως στάθμη θεμελίωσης	1w	08 Φεβ 17	14 Φεβ 17
6	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	4w 3d	15 Φεβ 17	17 Μαρ 17
7	Πάσσαλοι	1w	15 Φεβ 17	21 Φεβ 17
8	Κεφαλοδεσμοί πασσάλων	2d	22 Φεβ 17	23 Φεβ 17
9	Στηθαίο χυτό	1w	24 Φεβ 17	02 Μαρ 17
10	Πλάκα θεμελίωσης	1w 2d	03 Μαρ 17	13 Μαρ 17
11	Δοκοί θεμελίωσης	1w 1d	10 Μαρ 17	17 Μαρ 17
12	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΕΙΣ	12w 3d	17 Μαρ 17	19 Ιουν 17
13	Πλάκα ισογείου	2w	17 Μαρ 17	30 Μαρ 17
14	Υποστυλώματα ισογείου-1ου ορόφου	1w 2d	28 Μαρ 17	05 Απρ 17
15	Δοκοί ισογείου	1w 2d	04 Απρ 17	12 Απρ 17
16	Πλάκα 1ου ορόφου	2w	13 Απρ 17	28 Απρ 17
17	Υποστυλώματα 1ου ορόφου-2ου ορόφου	1w 2d	26 Απρ 17	05 Μαΐ 17
18	Δοκοί 1ου ορόφου	1w 2d	03 Μαΐ 17	11 Μαΐ 17
19	Πλάκα 2ου ορόφου	2w	12 Μαΐ 17	25 Μαΐ 17
20	Υποστυλώματα 2ου ορόφου-3ου ορόφου	1w 2d	23 Μαΐ 17	01 Ιουν 17
21	Δοκοί 2ου ορόφου	1w 2d	30 Μαΐ 17	07 Ιουν 17

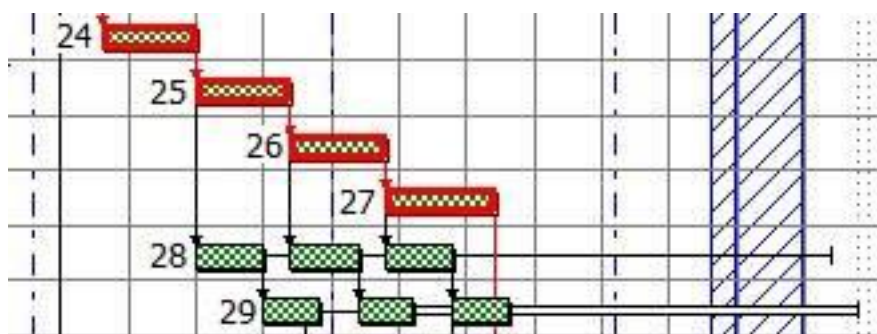
Name	Duration	Start	Finish
Πλάκα οροφής 2ου-Στέγης	1w 3d	08 Ιουν 17	19 Ιουν 17
ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ-ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ	6w	08 Ιουν 17	19 Ιουλ 17
Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου	1w 2d	08 Ιουν 17	16 Ιουν 17
Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου	1w 2d	19 Ιουν 17	27 Ιουν 17
Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου	1w 2d	28 Ιουν 17	06 Ιουλ 17
Στέγη	1w 3d	07 Ιουλ 17	18 Ιουλ 17
Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων	3w	19 Ιουν 17	13 Ιουλ 17
Παράθυρα	2w 2d	26 Ιουν 17	19 Ιουλ 17
Εξωτερικές πόρτες	3d	29 Ιουν 17	03 Ιουλ 17
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ	10w 1d	09 Μαΐ 17	19 Ιουλ 17
Σκάλες	2w	09 Μαΐ 17	09 Ιουν 17
Εσωτερικές πόρτες	4d	14 Ιουλ 17	19 Ιουλ 17
ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	2w 2d	19 Ιουλ 17	03 Αυγ 17
Υδραυλικά	1w	19 Ιουλ 17	25 Ιουλ 17
Ηλεκτρολογικά	2w	21 Ιουλ 17	03 Αυγ 17
ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	2w	01 Αυγ 17	23 Αυγ 17
Πατώματα	1w 2d	01 Αυγ 17	09 Αυγ 17
Βάψιμο	1w	08 Αυγ 17	23 Αυγ 17
Καθαρισμός	3d	21 Αυγ 17	23 Αυγ 17

Εικ. 6.34: Τελική ανάπτυξη και διάρθρωση των δραστηριοτήτων του έργου

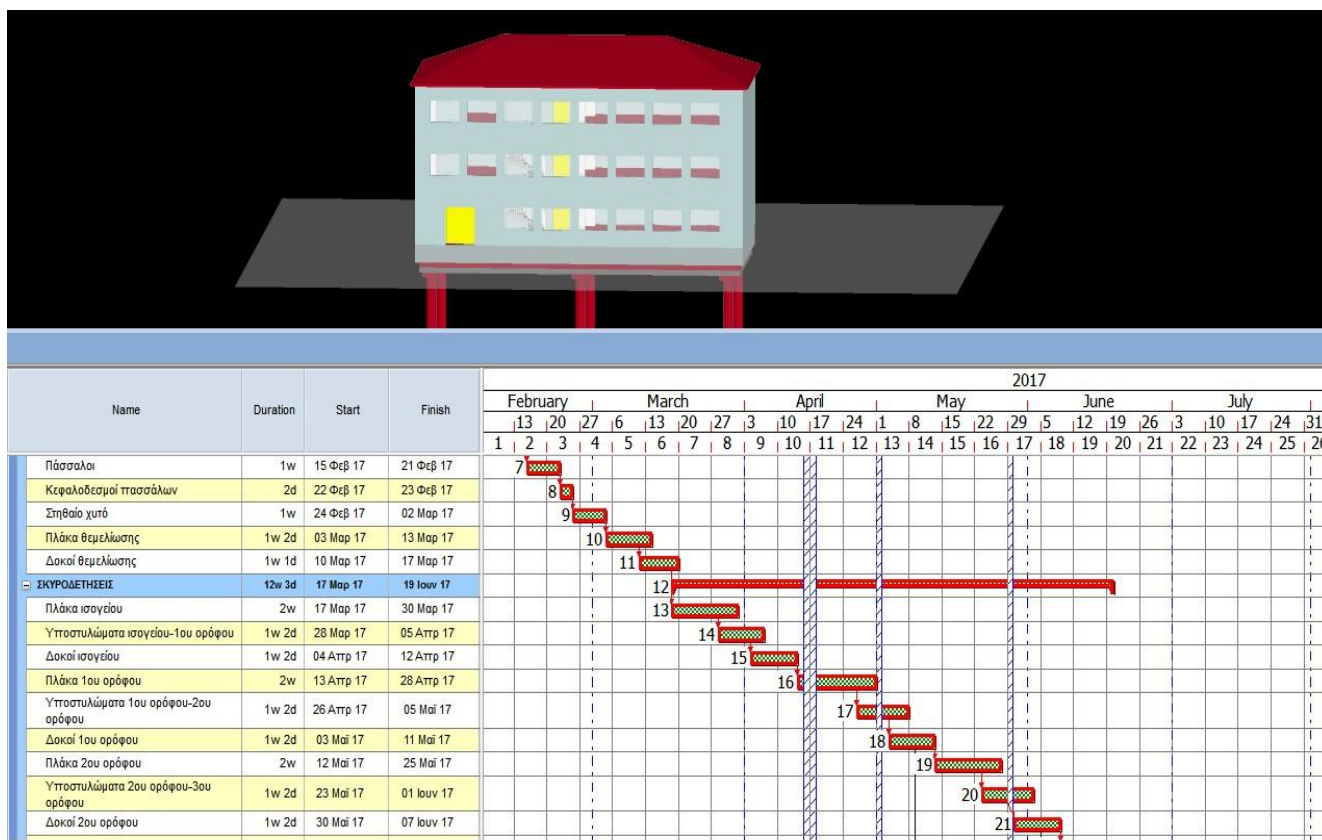
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

Στη συνέχεια ορίζονται η διάρκεια της κάθε δραστηριότητας και οι εξαρτήσεις της με προηγούμενες και επόμενες. Για να εμφανιστεί το αποτέλεσμα του προγραμματισμού επιλέγεται η εντολή Reschedule Branch οπότε δημιουργείται το ραβδωτό χρονικό διάγραμμα πάνω στο οποίο επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα οι κρίσιμες δραστηριότητες, ενώ εμφανίζεται και το ελεύθερο χρονικό περιθώριο των μη κρίσιμων (βλ εικ. 6.35).



Εικ. 6.35 Απόσπασμα από το χρονοδιάγραμμα του έργου



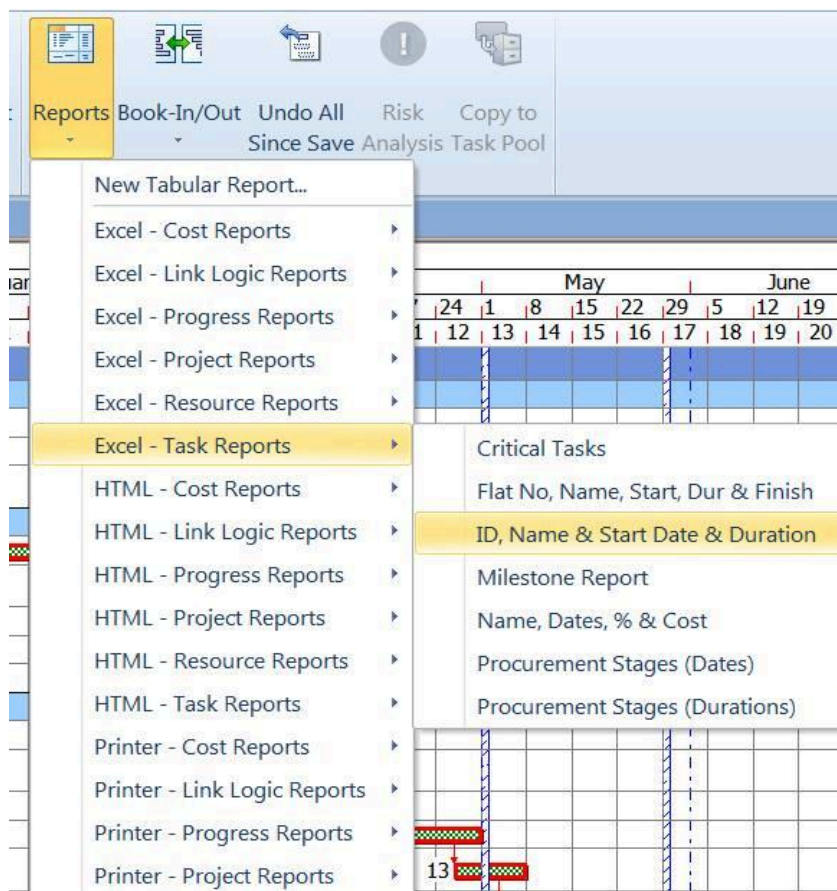
Εικ. 6.36: Το χρονοδιάγραμμα σε συνδυασμό με το 3D μοντέλο του έργου

6.3.2 Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Το Asta Powerproject BIM προσφέρει τη δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων και δημιουργία αναφορών του έργου σε μορφή:

- Microsoft Excel
- HTML
- Εκτυπωμένη μορφή

Πολύ απλά με την επιλογή Project Report επιλέγουμε το είδος και τη μορφή της αναφοράς που θέλουμε να εξαγάγουμε (βλ εικ. 6.37).



Εικ. 6.37: Κατάλογος επιλογών για την εκτύπωση αποτελεσμάτων

Στο παράρτημα της διπλωματικής εργασίας περιέχονται τα παρακάτω έγγραφα που παράχθηκαν κατά τη μελέτη 4D χρονικού προγραμματισμού του συγκεκριμένου έργου:

- Χρονοδιάγραμμα του έργου
- Αναφορά όλων των κρίσιμων δραστηριοτήτων
- Αναφορά όλων των δραστηριοτήτων που προηγούνται και έπονται κάθε μίας δραστηριότητας

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.6^ο : Εισαγωγή στο λογισμικό Asta Powerproject BIM

- Αναφορά όλων των δραστηριοτήτων μαζί με τις χρονικές τους διάρκειες σε μορφή MS Word και Excell

Φυσικά υπάρχει και η δυνατότητα οπτικής αναπαράστασης (visualization) της χρονικής εξέλιξης των εργασιών και παραγωγής ψηφιακού βίντεο, το οποίο αναπαριστά με ακρίβεια τον χρονικό προγραμματισμό της κατασκευής. Το βίντεο αυτό μπορεί να εξαχθεί όπως και η παραπάνω αναφορές και να παιχτεί σε οποιονδήποτε Η/Υ χωρίς να χρειάζεται η εγκατάσταση του Asta Powerproject BIM. Η διάρκειά του ορίζεται από τον χρήστη.

Το βίντεο της συγκεκριμένης εφαρμογής περιλαμβάνεται και αυτό στο CD της εργασίας.

Κεφάλαιο 7^ο Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται μία εισαγωγή στο λογισμικό Synchro Pro της εταιρίας Synchro Software Ltd προκειμένου να επισημανθούν οι δυνατότητές του και στη συνέχεια ακολουθεί συγκριτική παρουσίαση του πάνω σε βασικές λειτουργίες σε σχέση με το Asta Powerproject BIM, που χρησιμοποιήθηκε για την πρακτική εφαρμογή που έγινε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας

7.1 Ιστορική αναδρομή [42]

Από το 2001, με έδρα το Birmingham της Αγγλίας, η Synchro Software Ltd (βλ εικ. 7.1) άρχισε την ανάπτυξη προϊόντων λογισμικού για την προσομοίωση της κατασκευής και την διαχείριση των τεχνικών έργων.

Με ένα πλούσιο ιστορικό βελτιώσεων και συμπληρώσεων, το λογισμικό Synchro σηματοδοτεί μία σημαντική εξέλιξη στο λογισμικό διαχείρισης της κατασκευής τεχνικών έργων, γιατί προσφέρει στους χρηστές του μια πραγματικά διαφορετική προσέγγιση με τη δυνατότητα συγχρονισμού του σχεδιασμού ενός έργου με το χρονικό προγραμματισμό της κατασκευής του, τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, τη διαχείριση των κινδύνων και την εκτίμηση της δαπάνης του.

Η Synchro Software Ltd διαθέτει ένα πλούσιο ιστορικό παροχής καινοτόμων υπηρεσιών για κατασκευαστικά έργα σε όλο το Ηνωμένο Βασίλειο, που βασίζονται στην τεχνολογία που ανέπτυξε η ίδια, ενώ το 2007, ξεκίνησε την ανάπτυξη της τρίτης γενιάς προϊόντων λογισμικού, που αξιοποιούν την τεχνολογία BIM.

Το 2010 άρχισε η αναπύξιν της τέταρτης γενιάς προϊόντων με σημαντικές βελτιώσεις όπως η διεύρυνση της διαλειτουργικότητας, η προηγμένη διαχείριση δεδομένων και η αποτελεσματική υποστήριξη των ψηφιακών μοντέλων έργων πολύ μεγάλου μεγέθους (big data). Η εταιρία Synchro Software Ltd εξελίσσει συνεχώς το λογισμικό της, έτσι ώστε να συμβαδίζει και να καλύπτει τις ανάγκες διαχείρισης των έργων.

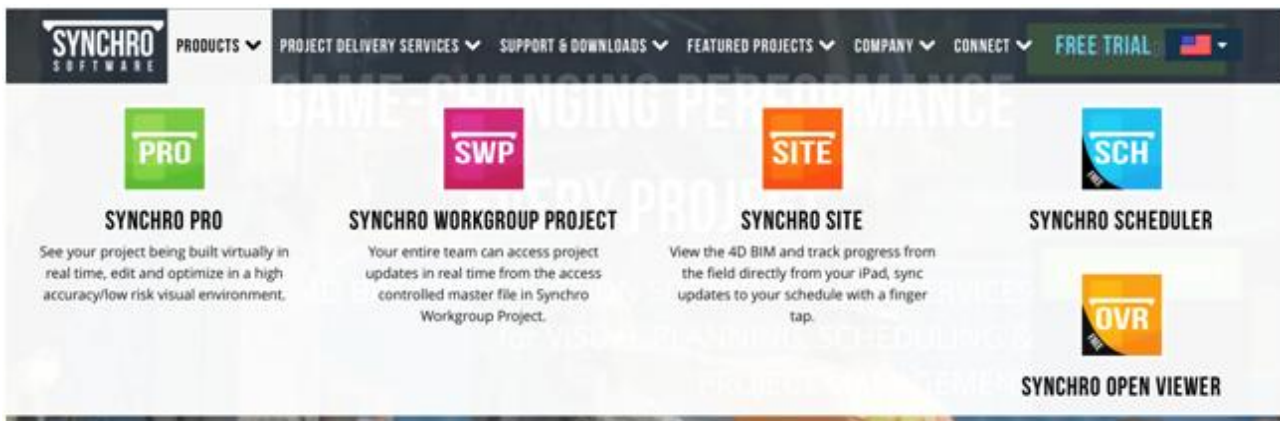


Εικ. 7.1: Το λογότυπο της Synchro Software Ltd (<https://synchro ltd.com/>)

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

Το λογισμικό Synchro, έχει αναγνωριστεί για τις δυνατότητες του στην υποστήριξη της διαχείρισης τεχνικών έργων και έχει βραβευτεί για τις τεχνολογικές καινοτομίες που περιλαμβάνει. Η Synchro Software Ltd προσφέρει σήμερα, σε περισσότερες από 65 χώρες στις έξι ηπείρους, τη δυνατότητα εφαρμογής της τεχνολογίας 4D και 5D BIM, και τα προϊόντα της (βλ εικ. 7.2) χρησιμοποιούνται σε κολέγια, σε πανεπιστήμια, σε γραφεία Συμβούλων Διοίκησης Έργων και Μελετητών όλων των ειδικοτήτων, αλλά και σε περισσότερες από 100 μεγάλες κατασκευαστικές εταιρείες.



Εικ. 7.2 : Τα προϊόντα της Synchro Ltd όπως παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα της (<https://synchro ltd.com/>)

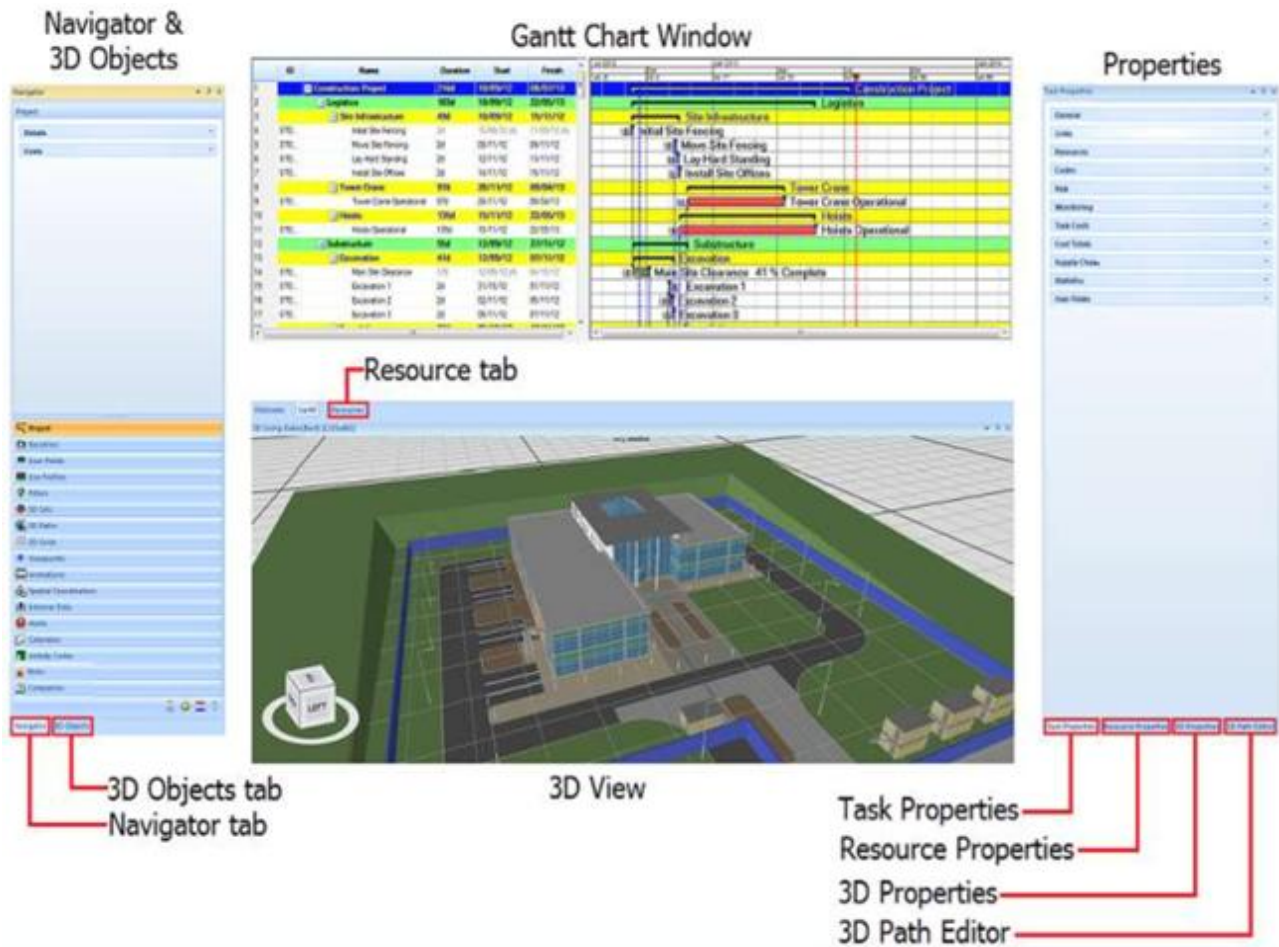
7.2 Το λογισμικό Synchro Professional [42]

Πρόκειται για ένα λογισμικό στην περιοχή του 4D/5D Scheduling and Project Management που υποστηρίζει τον χρονικό προγραμματισμό έργων, τη διαχείριση των πόρων και την 4D ολοκληρωμένη και λεπτομερή εικονική προσομοίωση της κατασκευής ενός του έργου με τη χρήση της τεχνολογίας BIM (βλ εικ. 7.3). Ειδικότερα το λογισμικό αυτό προσφέρει:

- Ολοκληρωμένη απεικόνιση του έργου
- Εύχρηστο προγραμματισμό και έλεγχο της προόδου του έργου
- Αναβαθμισμένες δυνατότητες διαχείρισης των κινδύνων του έργου
- Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (διαχείριση προμηθειών, εξοπλισμού κλπ)
- Διαχείριση του κόστους του έργου
- Αξιολόγηση εναλλακτικών σχεδίων προγραμματισμού, ανάθεσης και διαχείρισης πόρων για τη μείωση του κόστους και τη σύντμηση του χρόνου υλοποίησης.
- Ενημέρωση της ομάδας έργου για το ποιες εργασίες πραγματοποιούνται στο έργο, πού πραγματοποιούνται και πώς πραγματοποιούνται.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

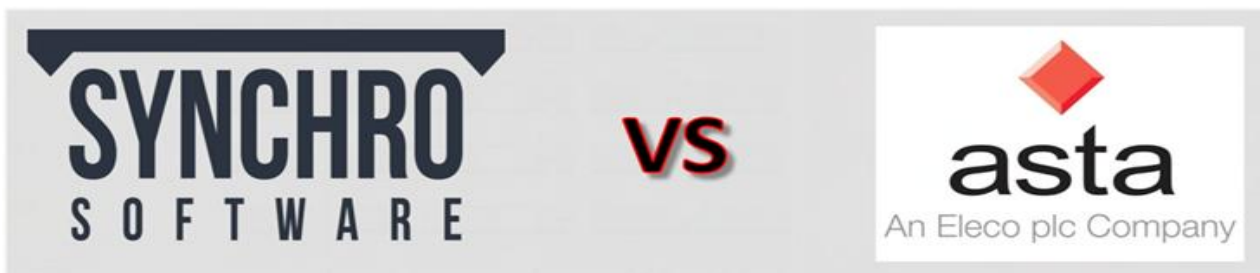
Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM



Εικ. 7.3 : Το περιβάλλον εργασίας του Synchro Pro (<https://synchro ltd.com/>)

7.3 Σύγκριση του Synchro Pro με το Asta Powerproject BIM

Στη συνέχεια γίνεται μία συγκριτική παρουσίαση του λογισμικού Synchro Pro σε σχέση με το Asta Powerproject BIM, που χρησιμοποιήθηκε για την πρακτική εφαρμογή που έγινε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Η σύγκριση γίνεται σε βασικές λειτουργίες των δύο λογισμικών σχετικές με τον 4D χρονικό προγραμματισμό των έργων.



Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM**7.3.1 Μορφότυποι αρχείων που αναγνωρίζονται για την εισαγωγή 3D μοντέλου**

Το εύρος των αρχείων που υποστηρίζει το Synchro Pro φαίνεται ότι είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό που αναγνωρίζει το Asta Powerproject BIM (βλ εικ. 7.4). Το Asta Powerproject αναγνωρίζει μόνο αρχεία συμβατά με το πρότυπό IFC για τη σύνδεση του χρονοδιαγράμματος με το 3D ψηφιακό μοντέλο του έργου.

Χαρακτηριστικό είναι ότι ενώ το Synchro Pro «διαβάζει» αρχεία του το Asta Powerproject BIM, το αντίστροφο δεν ισχύει.



Εικ. 7.4 : Αρχεία 3D μοντέλων BIM που διαβάζουν τα 2 λογισμικά

7.3.2 Μορφότυποι αρχείων εξαγωγής του μοντέλου

Το ίδιο ισχύει και για τους τύπους αρχείων που εξάγονται από τα δύο λογισμικά. Το Synchro Pro προσφέρει περισσότερες δυνατότητες (βλ εικ. 7.5).

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

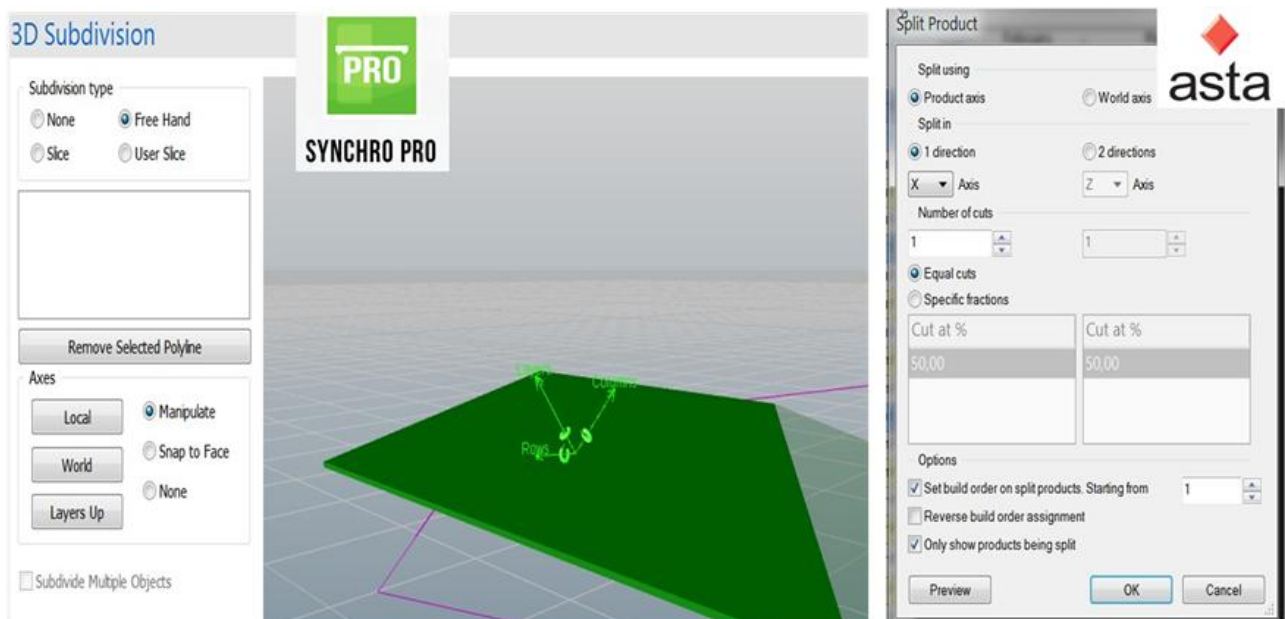
Εικ. 7.5: Αρχεία 3D μοντέλων BIM που εξάγονται από τα 2 λογισμικά

7.3.3 Διαίρεση αντικειμένων (βλ εικ. 7.6)

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε η λειτουργία του Asta Powerproject BIM για την διαίρεση ενός αντικειμένου όπως ενός τοίχου, μίας πλάκας κλπ σε περισσότερα τμήματα. Η επιλογή που μας έδινε το πρόγραμμα ήταν η διαίρεση αυτή να γίνει είτε κατά τον άξονα X είτε κατά τον Y είτε κατά τον Z, επιλέγοντας και τον επιθυμητό αριθμό τμημάτων.

Στο Synchro Pro η λειτουργία αυτή προσφέρεται με περισσότερες δυνατότητες, όπως:

- Διαίρεση σε τμήματα κατά τους άξονες X,Y,Z όπως στο Asta Powerproject BIM
- Διαίρεση σύμφωνα με οποιοδήποτε περίγραμμα που θα ορίζει ο ίδιος ο χρήστης
- Αυτόματη ανάλυση σύνθετων αντικειμένων στα εξών συντίθενται.



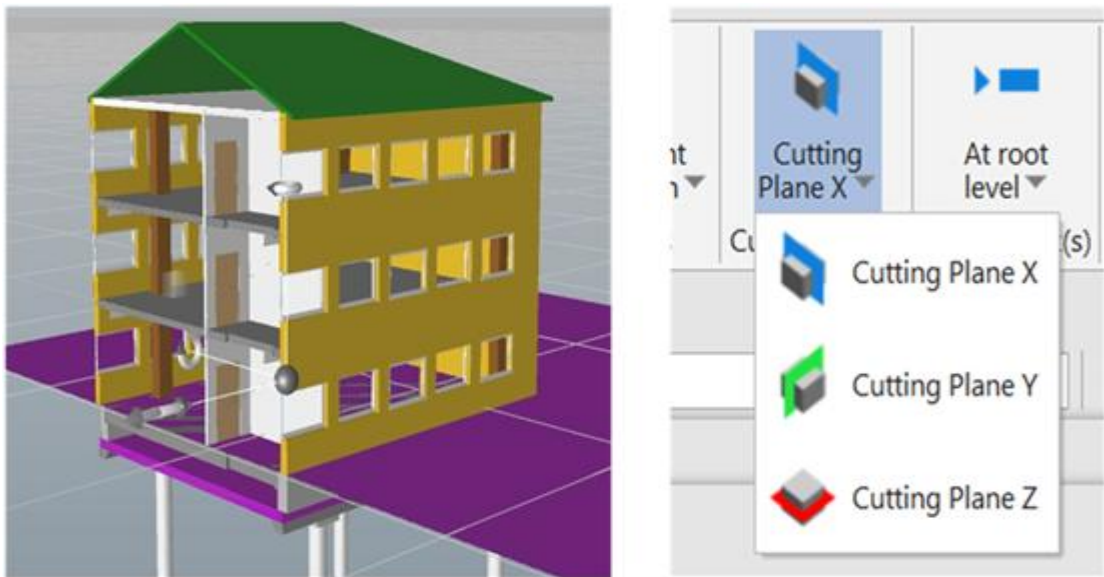
Εικ. 7.6: Η διαίρεση αντικειμένων του 3D BIM μοντέλου από τα 2 λογισμικά

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

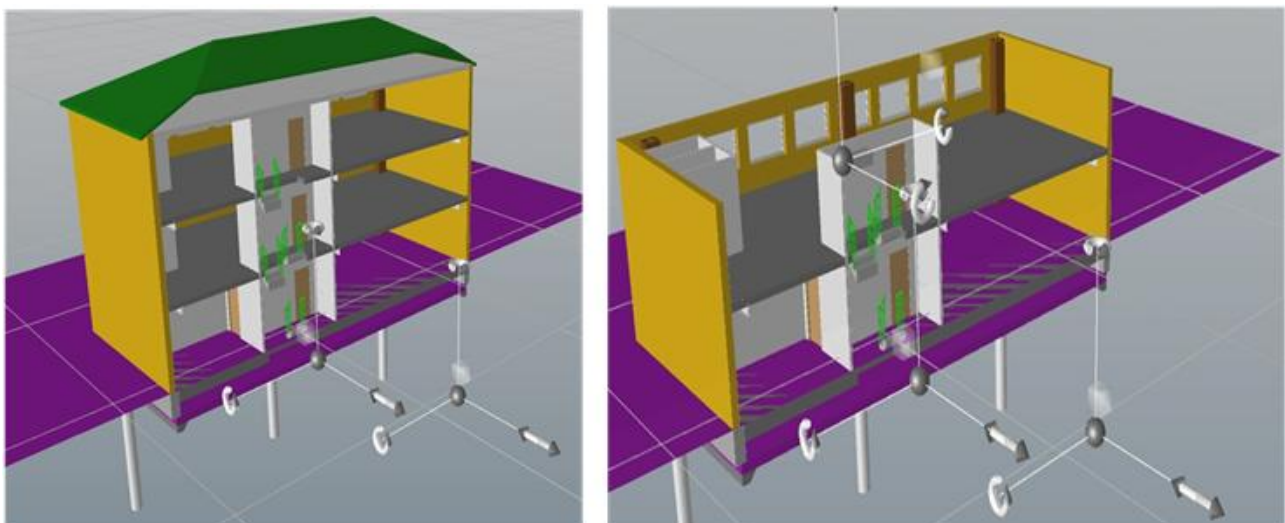
Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM**7.3.4 Επίπεδες τομές του 3D μοντέλου**

Το Synchro Pro επιτρέπει τη δημιουργία επίπεδων τομών του 3D μοντέλου καθόλες τις διευθύνσεις (X,Y,Z) κάτι το οποίο δεν προσφέρει το Asta Powerproject BIM. (βλ εικ. 7.7)

Στο Synchro Pro ο χρήστης μπορεί να επιλέξει πέρα από τη διεύθυνση του επιπέδου ακόμα και το ακριβές σημείο της τομής. Επιπλέον υπάρχει και η δυνατότητα ταυτόχρονης τομής σε δύο επίπεδα (βλ εικ. 7.8).



Εικ. 7.7: Δυνατότητες τομών του 3D BIM μοντέλου με το Synchro Pro



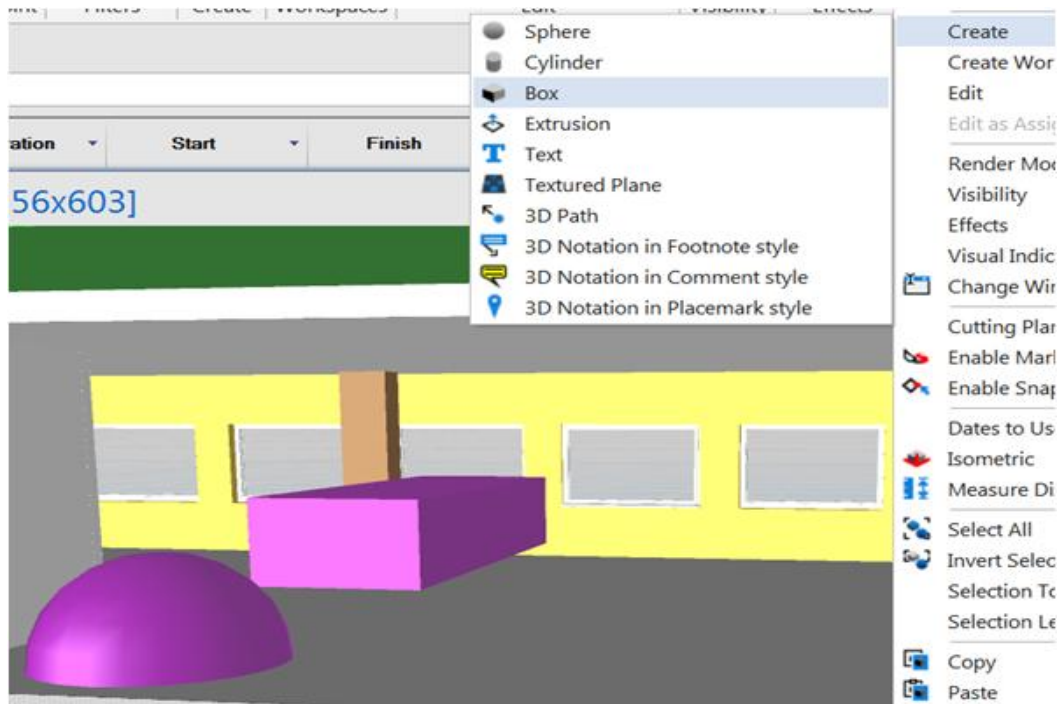
Εικ. 7.8: Δυνατότητες τομών του 3D BIM μοντέλου με το Synchro Pro

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

7.3.5 Δημιουργία νέων 3D ψηφιακών αντικειμένων

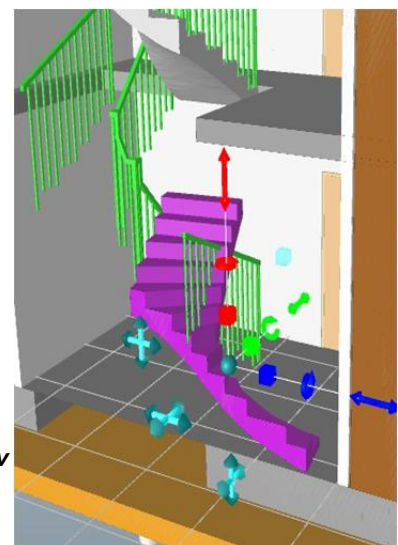
Άλλη μία δυνατότητα που διαθέτει το Synchro Pro και δεν την παρέχει το Asta Powerproject BIM είναι η δυνατότητα δημιουργίας νέων 3D ψηφιακών αντικειμένων με συγκεκριμένο σχήμα, προσθήκης κειμένου πάνω σε αυτά αλλά και αντιγραφής και επικόλλησης των ήδη υπάρχοντων 3D αντικειμένων του αρχικού μοντέλου (βλ εικ.7.9).



Εικ. 7.9: Δυνατότητα δημιουργίας νέων 3D αντικειμένων με το Synchro Pro

7.3.6 Τροποποίηση και μετακίνηση των 3D αντικειμένων

Αυτή η δυνατότητα υπάρχει τόσο για τα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν από το Synchro Pro όσο και για τα αντικείμενα που υπάρχουν ήδη στο 3D ψηφιακό μοντέλο του έργου. Ο χρήστης μπορεί να τα μετακινήσει, να τους αλλάξει το μέγεθος ή και τον προσανατολισμό. Η λειτουργία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και σε ολόκληρο το κτήριο και όχι μόνο σε μεμονωμένα αντικείμενα. Το Asta Powerproject BIM δεν διαθέτει αυτή τη λειτουργία (βλ εικ. 7.10).



Εικ. 7.10: Δυνατότητα τροποποίησης και μετακίνησης αντικειμένων

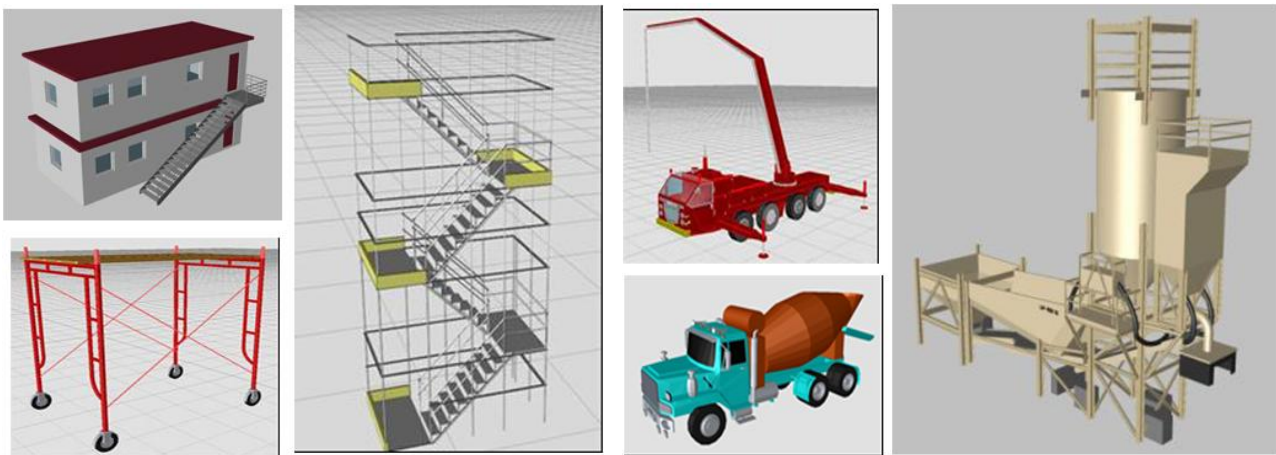
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM**7.3.7 Προσθήκη εργοταξιακού εξοπλισμού και μηχανημάτων**

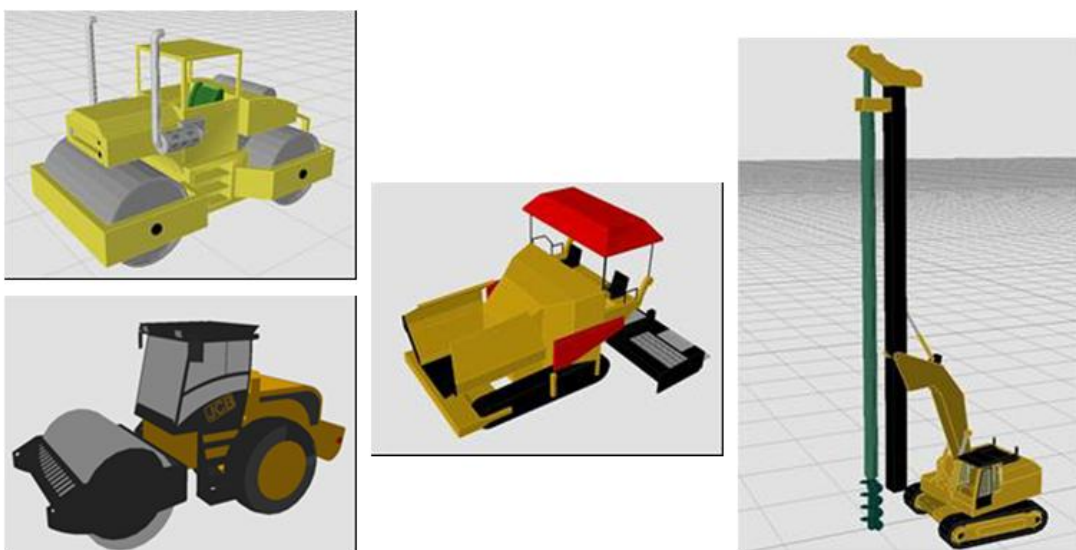
Όπως ήδη αναφέρθηκε το Asta Powerproject BIM δεν επιτρέπει την τροποποίηση του 3D ψηφιακού μοντέλου του έργου, όπως και καμία εισαγωγή νέων αντικειμένων σε αυτό.

Αντίθετα το Synchro Pro, μέσα από βιβλιοθήκες που περιλαμβάνονται στο λογισμικό, παρέχει μία μεγάλη ποικιλία μηχανικού εξοπλισμού και εξοπλισμού εργοταξίου, ως έξυπνα αντικείμενα με τα οποία το 4D μοντέλο να γίνεται ακόμα πιο ρεαλιστικό (βλ. εικ. 7.11a, b, c, d).

Επιπλέον, η επιλογή αυτή επιτρέπει τον εντοπισμό και την επίλυση προβλημάτων που είναι δυνατόν να εμφανιστούν στο εργοτάξιο κατά την ταυτόχρονη παρουσία και λειτουργία των μηχανημάτων, όπως για παράδειγμα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν από την τοποθέτηση και τη λειτουργία στο έργο ενός πυργογερανού.



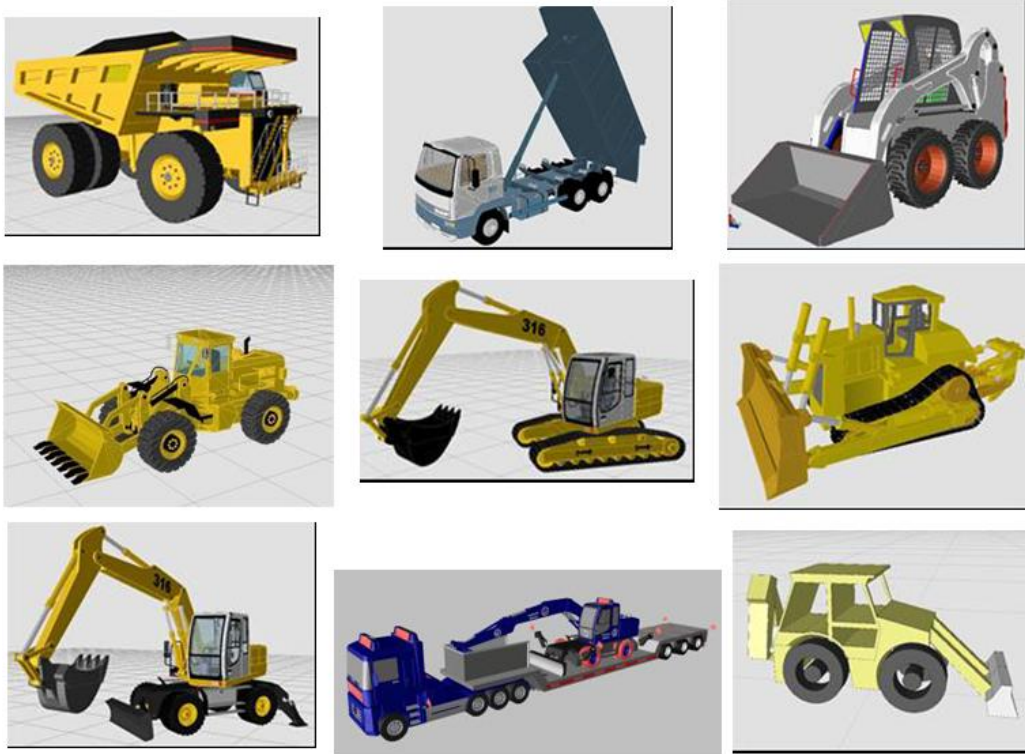
Εικ. 7.11a: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου



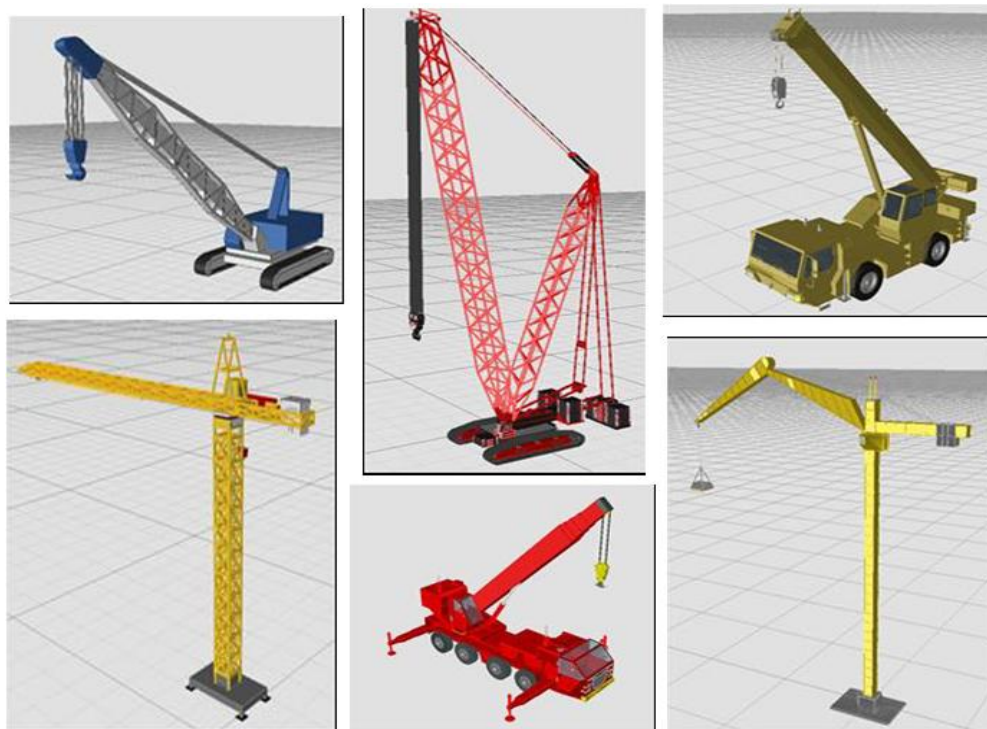
Εικ. 7.11b: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM



Εικ. 7.11c: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου



Εικ. 7.11d: Από τη βιβλιοθήκη 3D αντικειμένων του Synchro Pro για τον εξοπλισμό εργοταξίου

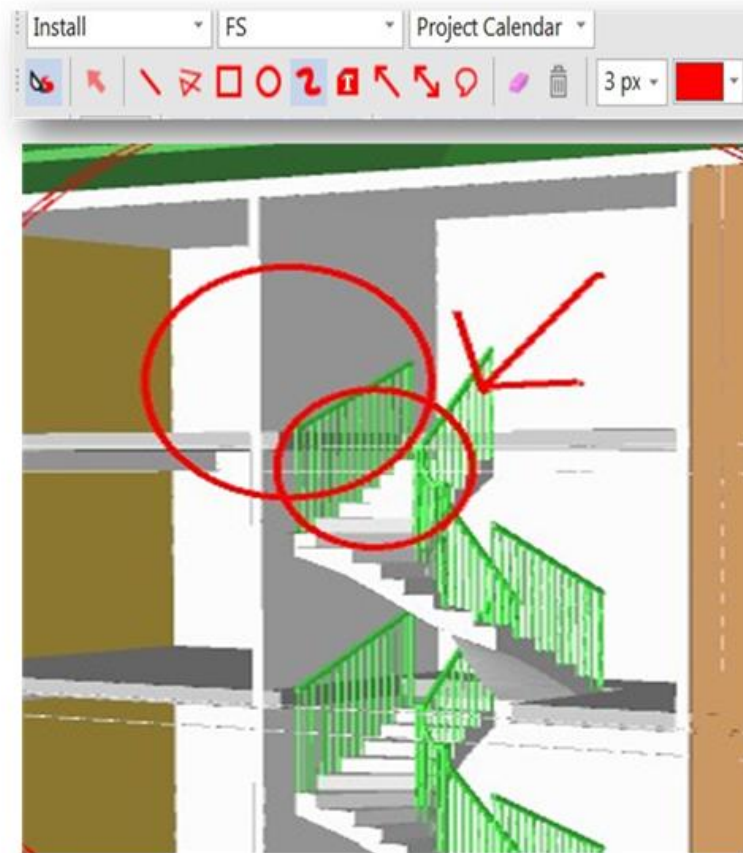
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

7.3.8 Εισαγωγή επισημάνσεων και σημειώσεων

Με το Synchro Pro μπορούμε να προσθέσουμε σημειώσεις πάνω στο 3D μοντέλο, να κυκλώσουμε τυχόν σημαντικά σημεία, να υποδείξουμε με βέλη, κοινώς να επισημάνουμε ορισμένα σημεία του έργου, να υποδείξουμε τυχόν λάθη και να προστεθούν κάποιες διευκρινίσεις (βλ εικ. 7.12).

Το Asta Powerproject BIM προσφέρει τη δυνατότητα εισαγωγής σημειώσεων μόνο πάνω στο χρονοδιάγραμμα του έργου και όχι πάνω στο μοντέλο.



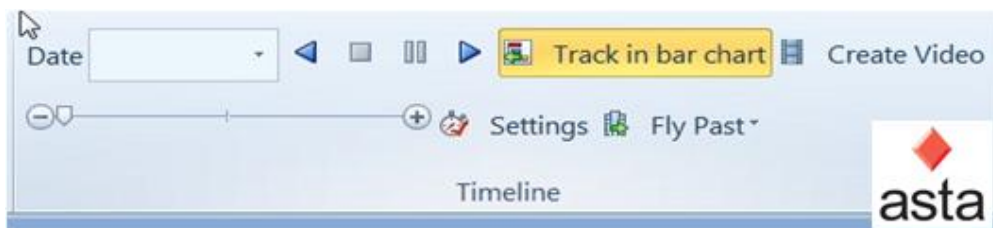
Εικ. 7.12: Δυνατότητα επισημάνσεων και σημειώσεων με το Synchro Pro

7.3.9 Έλεγχος κατασκευασιμότητας με εικονική αναπαράσταση της κατασκευής

Μόλις έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία του χρονικού προγραμματισμού και τα δύο προγράμματα παρέχουν τη δυνατότητα διερεύνησης της κατασκευασιμότητας του χρονοδιαγράμματος σε συνδυασμό με το 3D μοντέλο, μέσω της εικονικής αναπαράστασης της κατασκευής του έργου.

Το Asta Powerproject BIM διαθέτει ένα χρονοδιακόπτη που όταν ενεργοποιηθεί, δηλαδή πατώντας Play, μπορούμε να δούμε την κατασκευαστική πορεία του έργου όπως έχει ήδη καθοριστεί με το χρονοδιάγραμμα που έχουμε καταρτίσει (βλ εικ. 7.13a).

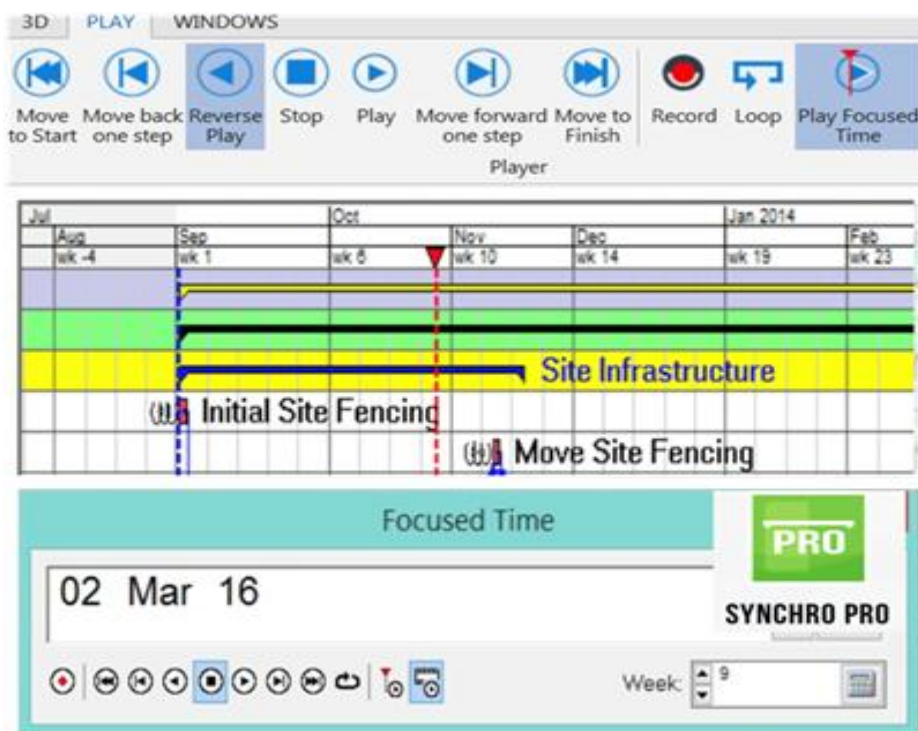
Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

Εικ. 7.13a: Οι λειτουργίες εικονικής αναπαράστασης στο Asta Powerproject BIM

Την ίδια δυνατότητα προσφέρει και το Synchro Pro με δύο όμως επιπλέον επιλογές. Πάνω στο διάγραμμα Gantt εμφανίζεται μία κόκκινη διακεκομμένη γραμμή η οποία υποδεικνύει χρονικά το χρονικό σημείο στο οποίο βρίσκεται η κατασκευή του έργου (βλ εικ. 7.13b).

Μετακινώντας τη γραμμή αυτή πάνω στο χρονοδιάγραμμα, μπορούμε να δούμε την εικόνα που θα έχει το έργο όταν θα έχουν εκτελεστεί οι δραστηριότητες που προηγούνται της κόκκινης γραμμής. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να ζητηθεί η απεικόνιση του έργου σε συγκεκριμένη ημερομηνία, τόσο στο χρονοδιάγραμμα όσο και στο 4D μοντέλο .



Εικ. 7.13b: Οι λειτουργίες εικονικής αναπαράστασης στο Synchro Pro

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.7^ο : Εισαγωγή στο Synchro Professional και σύγκριση με το Asta Powerproject BIM

7.3.10 Ποιότητα γραφικών

Είναι εμφανές ότι στο Synchro Pro η γραφική απεικόνιση του 3D ψηφιακού μοντέλου γίνεται με μεγαλύτερη ανάλυση και πιο ρεαλιστική εμφάνιση του έργου, σε σχέση με το Asta Powerproject BIM (βλ εικ. 7.14).



Εικ. 7.14: Η ποιότητα της γραφικής απεικόνισης στα δύο λογισμικά

Κεφάλαιο 8^ο

Προδιαγραφές για την εφαρμογή του 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια αναφορά στα οφέλη που προσφέρει ο 4D χρονικός προγραμματισμός για τις αναθέτουσες αρχές με τη χρήση τεχνολογίας BIM και στη συνέχεια αναφέρονται βασικά σημεία για την σύνταξη προδιαγραφών εφαρμογής του 4D χρονικού προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων.

8.1 Οφέλη για τις αναθέτουσες αρχές

Σε προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν τα πολλαπλά οφέλη που προσφέρει ο 4D προγραμματισμός με τη χρήση τεχνολογίας BIM στον διαχειριστή του έργου (Project Manager) και στον κύριο του έργου. Οι αναθέτουσες αρχές και η επίβλεψη του έργου μπορούν επίσης να ωφεληθούν εφόσον προβλέψουν στην συγγραφή υποχρεώσεων την εφαρμογή αυτής της μεθόδου από τους αναδόχους των έργων. Στα οφέλη για τις αναθέτουσες αρχές και την επίβλεψη περιλαμβάνονται ενδεικτικά [24]:

- Η ψηφιοποίηση του έργου μέσω του 4D BIM μοντέλου βοηθάει την αναθέτουσα αρχή και την επίβλεψη να κατανοήσουν καλύτερα την κατασκευή και να δουν το τελικό αποτέλεσμα πολύ πριν αρχίσει η ίδια η κατασκευή του, έτσι ώστε να εντάξουν τυχόν απαιτήσεις και διορθώσεις τους στο αρχικό σχέδιο.
- Ο περιορισμός του μεγάλου αριθμού εγγράφων και η μετατροπή τους σε ψηφιακά αρχεία και οπτικοποιημένο αποτέλεσμα μειώνει τα προβλήματα στην επικοινωνία και τον συντονισμό μεταξύ των αρχών και των αναδόχων-κατασκευαστών.
- Ο σχεδιασμός και προγραμματισμός του τρόπου κατασκευής του έργου τεκμηριώνονται και αιτιολογούνται πολύ καλύτερα, λόγω της λεπτομερούς ανάλυσης του έργου με τα αντικείμενα BIM και της προσομοίωσης της κατασκευαστικής διαδικασίας.
- Περιορίζεται η πιθανότητα υπερβάσεων στο χρόνο και το κόστος και το έργο παραδίδεται εντός χρόνου και προϋπολογισμού, πολλές φορές και με μικρότερο τελικό κόστος.
- Πλήρης εποπτεία και έλεγχος, λόγω των ψηφιακών λεπτομερειών και σχεδίων και της άμεσης πρόσβασης σε αυτά όλων των ενδιαφερόμενων του έργου.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.8^ο : Προδιαγραφές για την εφαρμογή του 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων

8.2 Προδιαγραφές 4D κατασκευαστικού σχεδιασμού και προγραμματισμού

Για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω οφέλη, αλλά και για να βελτιωθεί η ικανότητα της ομάδας στον εντοπισμό, τη διαχείριση και τη διόρθωση λαθών και προβλημάτων στο σχεδιασμό και την εκτέλεση των έργων, είναι αναγκαίο να καθοριστεί συμβατικά η συγκεκριμένη διαδικασία για τον 4D κατασκευαστικό σχεδιασμό και προγραμματισμό του έργου από τον ανάδοχο.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί μια σύνοψη σχετικών συμβατικών όρων και απαιτήσεων και των παραδοτέων, σύμφωνα με τον οδηγό «Owner's Guide to 4D Construction Planning and Scheduling» της εταιρίας Synchro ltd [37], που μπορεί να βοηθήσει στη σωστή προδιαγραφή του τρόπου εφαρμογής του 4D προγραμματισμού από τον ανάδοχο του έργου.

8.2.1 Γενικές απαιτήσεις

Ο ανάδοχος υποχρεούται να καταρτίσει και να υποβάλει για έγκριση τον 4D προγραμματισμό της κατασκευής του έργου, για έλεγχο και έγκριση από την αναθέτουσα αρχή. Σημειώνεται ότι η διαδικασία αυτή δεν συνεπάγεται οπωσδήποτε και την έγκριση της λογικής του αναδόχου για την αλληλουχία των δραστηριοτήτων ή για τη διάρκεια τους.

Ακολουθεί μία περιγραφή των στοιχείων του 4D προγραμματισμού που απαιτείται να υποβληθούν από τον ανάδοχο μαζί με την τεχνική προσφορά του.

- Ο ανάδοχος οφείλει να προσκομίσει σύμφωνα με τις οδηγίες της Επίβλεψης, ένα 4D σχέδιο εφαρμογής, που να συνδέεται πλήρως με την εγκεκριμένη μελέτη του έργου όπως αυτή αποτυπώνεται στα επιμέρους 3D ψηφιακά μοντέλα ή στο ενιαίο ψηφιακό ομοίωμα του έργου, εφόσον υπάρχει. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν 3D ψηφιακά μοντέλα των μελετών συμβατά με το πρότυπο IFC, θα πρέπει να δημιουργηθούν από τον ανάδοχο.
- Ο 4D κατασκευαστικός σχεδιασμός και προγραμματισμός θα υποβληθεί σε επίπεδο ανάπτυξης και λεπτομερειών (LOD) αντίστοιχο με το επίπεδο ανάπτυξης και λεπτομερειών που έχει εφαρμοστεί στα 3D ψηφιακά μοντέλα των επιμέρους μελετών λαμβάνοντας υπόψη και τις ειδικότερες απαιτήσεις του τρόπου κατασκευής και του χρονικού προγραμματισμού του έργου.
- Κατά τη διάρκεια της κατασκευής ο ανάδοχος υποχρεούται να ενημερώνει το 4D κατασκευαστικό πρόγραμμα του έργου εντός 5 εργάσιμων ημερών, και να το επανυποβάλει στην επίβλεψη για έλεγχο και έγκριση, σε οποιαδήποτε από τις ακόλουθες περιπτώσεις:
 - α) Υποβολής συμπληρωματικών μελετών ή τροποποίησης των υφισταμένων μελετών από την αναθέτουσα αρχή.
 - β) Σύναψης υπεργολαβικών συμφωνητικών για την ενσωμάτωση του χρονοδιαγράμματος του υπεργολαβίου στο συνολικό πρόγραμμα του έργου.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.8^ο : Προδιαγραφές για την εφαρμογή του 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων

- γ) Υποβολής κατασκευαστικών λεπτομερειών και σχεδίων από τον ανάδοχο για έγκριση από την επίβλεψη.
- δ) Οποιοδήποτε γεγονός που προκαλεί καθυστέρηση ή διακοπή στην ομαλή εκτέλεση και την πρόοδο του έργου (π.χ. γεγονότα που σχετίζονται με την ασφάλεια, τις καιρικές συνθήκες, τις προμήθειες κλπ).
- ε) Ο 4D κατασκευαστικός προγραμματισμός θα ενημερώνεται σε τακτική εβδομαδιαία βάση, σύμφωνα με την πραγματική πρόοδο των εργασιών, τις νέες συνθήκες του εργοταξίου, την απόδοση των συνεργείων, κλπ προκειμένου χρησιμοποιείται κατά τις εβδομαδιαίες συντονιστικές συσκέψεις του εργοταξίου για τον έλεγχο της πρόοδου του έργου.

8.2.2 Τα στοιχεία του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού

Ο 4D κατασκευαστικός προγραμματισμός συνδυάζει τα στοιχεία των 3D ψηφιακών μοντέλων των μελετών με τα στοιχεία και τις πληροφορίες της μελέτης χρονικού προγραμματισμού του έργου. Ειδικότερα ο 4D κατασκευαστικός προγραμματισμός συνδυάζει στοιχεία που προέρχονται από τα τις ακόλουθες πηγές:

1. Τα 3D ψηφιακά μοντέλα μελετών

Ένα ή περισσότερα 3D μοντέλα για κάθε μελέτη που εκπονήθηκε για την κατασκευή του ο συγκεκριμένου έργου μαζί με τα σχέδια και λοιπά έγγραφα, περιλαμβανομένων και των μελετών για τυχόν προσωρινά έργα και εγκαταστάσεις. Τα αντικείμενα αυτών των μοντέλων θα συνδεθούν με τις δραστηριότητες του χρονοδιαγράμματος για να παραχθούν οι αναφορές κατασκευής, παράδοσης και προμηθειών.

2. Τα σχέδια και τα μοντέλα των εργοταξιακών εγκαταστάσεων

Είναι 2D και 3D σχέδια ή μοντέλα για τις προσωρινές εγκαταστάσεις του εργοταξίου που απαιτούνται σε κάθε φάση της κατασκευής του έργου. Περιλαμβάνουν μηχανικό εξοπλισμό, γραφεία εργοταξίου, ζώνες προστασίας, θέσεις απόθεσης υλικών, προσβάσεις στο εργοτάξιο και εξωτερικές συνθήκες που δημιουργούν περιορισμούς στον προγραμματισμό του έργου. Συνδέονται με δραστηριότητες του χρονοδιαγράμματος με τις οποίες καθορίζεται η διάρκεια και η αλληλουχία εμφάνισης αυτών των διατάξεων ή καταστάσεων στο έργο.

3. Το χρονοδιάγραμμα του έργου

Το χρονοδιάγραμμα του έργου παρέχει πληροφορίες που αναφέρονται ειδικότερα στην ανάλυση του έργου σε δραστηριότητες, στις διάρκειες και στις αλληλουχίες τους, όπως:

- α) Δραστηριότητες
 - Κωδικός και περιγραφή δραστηριότητας
 - Διάρκεια δραστηριοτήτων
 - Δικτυωτό διάγραμμα δραστηριοτήτων με αλληλουχίες και διάρκειες

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.8^ο : Προδιαγραφές για την εφαρμογή του 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων

- Κρίσιμες δραστηριότητες
- β) Ραβδωτό χρονοδιάγραμμα ή αλλιώς διάγραμμα Gantt με ημερολογιακή κλίμακα
- γ) Ημερομηνίες έναρξης και πέρατος
 - Όπως προγραμματίστηκαν και συμφωνήθηκαν
 - Όπως πραγματοποιήθηκαν
- δ) Χρονικοί περιορισμοί των δραστηριοτήτων
- ε) Κρίσιμη διαδρομή
- ζ) Διάρκειες
 - Αρχική
 - Απομένουσα για ολοκλήρωση
- η) Χρονικά περιθώρια δραστηριοτήτων
 - Ολικό (Total Float)
 - Ελεύθερο (Free Float)
- θ) Ημερολόγια εργασίας και διακοπών
- ι) Διασυνδέσεις των αντικειμένων των 3D μοντέλων με τους πόρους και τις δραστηριότητες του 4D μοντέλου
- κ) Χρονικά ορόσημα του έργου
- λ) Ποσοστό ολοκλήρωσης κάθε δραστηριότητας
- μ) Χρονοδιάγραμμα
 - Αρχικό (αρχικός στόχος)
 - Εγκατάστασης (των πρώτων 60 ημερών)
 - Ενημέρωσης προόδου
 - Επικαιροποιημένο ανά μήνα (νέος στόχος)
 - Αναθεωρημένο
 - Τελικό

4. Τα διαθέσιμα μέσα παραγωγής (αρχείο πόρων)

Είναι το αρχείο που περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες για τα μέσα παραγωγής που θα χρησιμοποιηθούν κατά την κατασκευή, όπως ο μηχανικός εξοπλισμός, το εργατοτεχνικό προσωπικό, οι αποδόσεις των συνεργείων, τα υλικά και ο εξοπλισμός του εργοταξίου. Οι πόροι αυτοί συνδέονται με τις δραστηριότητες και τον χρονικό προγραμματισμό του έργου.

5. Τον προϋπολογισμό προσφοράς του αναδόχου

Με βάση την αντιστοίχιση των άρθρων του τιμολογίου και των ποσοτήτων των εργασιών με τα αντικείμενα του 3D ψηφιακού μοντέλου αλλά και των δραστηριοτήτων του χρονοδιαγράμματος με τα αντικείμενα του 3D ψηφιακού μοντέλου, προσδιορίζεται η αξία κατά την προσφορά κάθε δραστηριότητας και το πρόγραμμα ταμειακών ροών του έργου.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.8^ο : Προδιαγραφές για την εφαρμογή του 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων

8.2.3 Παραδοτέα του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού

Σε κάθε μηνιαία υποβολή του επικαιροποιημένου χρονοδιαγράμματος, ο ανάδοχος υποχρεούται να παραδώσει στην επίβλεψη και μία αναφορά-έκθεση του 4D προγραμματισμού, η οποία περιλαμβάνει ενδεικτικά τα παρακάτω:

- Τα αρχεία του 4D μοντέλου της κατασκευής μαζί με την εικονική προσομοίωση σε ψηφιακό video για αυτοτελή χρήση. Υποβάλλεται το σύνολο των στοιχείων προόδου του έργου, συμπεριλαμβανομένων των ενεργειών της επίβλεψης, του αναδόχου, των υπερβολάβων και των προμηθευτών.
- Ψηφιακή απεικόνιση με βίντεο το οποίο θα προσομοιώνει τον χρονικό προγραμματισμό της κατασκευής σύμφωνα με τη ροή των δραστηριοτήτων και τις αλληλουχίες τους. Όλα τα βίντεο θα πρέπει να απεικονίζουν με σαφήνεια και επαρκείς λεπτομέρειες τον προγραμματισμό, ώστε να μεταφέρουν στους αποδέκτες την πιστή αναπαράσταση του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού.
- Αναφορές για το ποσοστό ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων και την ανάλωση ή απασχόληση των πόρων που συμμετέχουν στην κατασκευή.
- Ενημερωμένο χρονοδιάγραμμα για την ολοκλήρωση του υπολειπόμενου έργου μέχρι και την παράδοσή του.
- Αναφορά όλων των τυχόν προβλημάτων συντονισμού και συμβατότητας χρονικών ή χωρικών (π.χ. επικαλύψεις συνεργείων, ταυτόχρονες δραστηριότητες) όπως και επιπτώσεις αυτών στη χρονική διάρκεια του έργου και στην ασφάλεια του εργοταξίου.
- Περιγραφή των προβλεπόμενων καθυστερήσεων, η οποία θα συμπεριλαμβάνει την ταυτοποίηση της δραστηριότητας που καθυστέρησε, το λόγο της καθυστέρησης, το είδος της καθυστέρησης, την επίπτωσή της στις υπόλοιπες δραστηριότητες και σε ολόκληρο το έργο αλλά και τις ενέργειες για την αποφυγή ή τον περιορισμό της (σχέδιο ανάκαμψης).
- Περιγραφή των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν μετά την προηγούμενη ενημέρωση.

8.3 Τα στάδια ανάπτυξης του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού

Η ανάπτυξη του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού πρέπει να συμβαδίζει – ως προς το βαθμό λεπτομέρειας – με τις φάσεις ανάπτυξης του έργου, από την εκπόνηση των μελετών μέχρι και την κατασκευή του, και με το βαθμό λεπτομέρειας των αντίστοιχων ψηφιακών μοντέλων BIM, ώστε να μπορεί να καθοριστεί με την ίδια λεπτομέρεια και η αντιστοιχία μεταξύ των δραστηριοτήτων και των αντικειμένων των 3D ψηφιακών μοντέλων των επιμέρους μελετών.

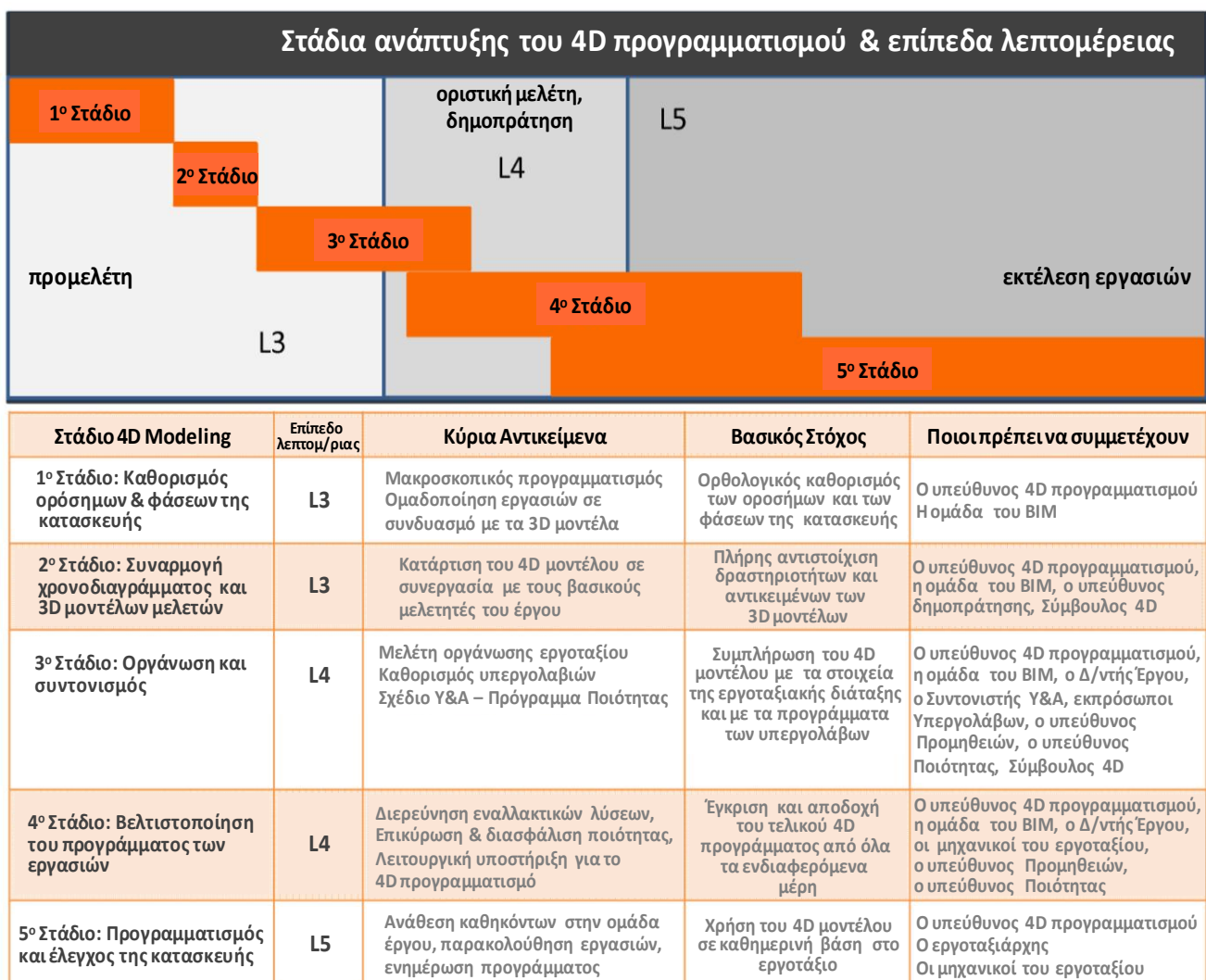
Στην εικόνα 8.1 φαίνεται πως εξελίσσονται τα στάδια ανάπτυξης του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού παράλληλα με τις φάσεις ανάπτυξης των μελετών και την κατασκευή.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.8^ο : Προδιαγραφές για την εφαρμογή του 4D προγραμματισμού από τους αναδόχους των έργων

Στη διεθνή πρακτική έχει καθιερωθεί η ακόλουθη διάκριση για τα επίπεδα λεπτομέρειας (L3, L4, L5) κατά την ανάπτυξη του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού:

- Επίπεδο L3: Μακροσκοπικός προγραμματισμός στη φάση προμελέτης του έργου
- Επίπεδο L4: Αναλυτικός προγραμματισμός στην φάση της οριστικής μελέτης και της δημοπράτησης του έργου.
- Επίπεδο L5: Λεπτομερής προγραμματισμός του έργου στη φάση της κατασκευής, με βάση τις δέσμες (πακέτα) εργασιών (work package), στις οποίες αναλύεται η εκτέλεση της κατασκευής.



Εικ. 8.1: Τα στάδια ανάπτυξης του 4D κατασκευαστικού προγραμματισμού και τα επίπεδα λεπτομέρειας [37]

Κεφάλαιο 9^ο Συμπεράσματα και Προτάσεις

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας για τον 4D χρονικό προγραμματισμό τεχνικού έργου με χρήση της τεχνολογίας BIM, μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση, έρευνα πεδίου και πρακτική εφαρμογή. Ακολουθώς, αναφέρονται προτάσεις για τη διάδοση, την εκμάθηση και τη δημιουργία ενός πλαισίου εφαρμογής της τεχνολογίας BIM στην Ελλάδα.

9.1 Συμπεράσματα

Η χρήση του Building Information Modeling εξαπλώνεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια έχοντας αναμορφώσει σε μεγάλο βαθμό την όλη διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας των τεχνικών έργων στις περισσότερες χώρες του κόσμου. Αποτελεί μια καινοτόμο μεθοδολογία που συμβάλει αύξηση της παραγωγικότητας και τη μείωση του κόστους στο κλάδο παραγωγής τεχνικών έργων.

Έπειτα από βιβλιογραφική ανασκόπηση, έρευνα πεδίου και πρακτική εφαρμογή του BIM για τον 4D χρονικό προγραμματισμό της κατασκευής ενός οικοδομικού έργου προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στον τομέα των τεχνικών έργων.

Τα οφέλη αυτά συνοψίζονται ως εξής:

- Ακριβής γεωμετρική απεικόνιση όλων των στοιχείων της κατασκευής μαζί με δομημένες πληροφορίες για κάθε ένα από αυτά, οι οποίες είναι απαραίτητες σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του έργου.
- Δεδομένου ότι οι παραπάνω πληροφορίες είναι προσβάσιμες και αξιοποιήσιμες από όλους όσους συμμετέχουν στην υλοποίηση του έργου, η όλη διαδικασία γίνεται πιο γρήγορα και είναι πιο αποτελεσματική χωρίς απώλειες κι σπατάλη χρόνου και πόρων.
- Έγκαιρη πρόβλεψη και αντιμετώπιση προβλημάτων συντονισμού και συμβατότητας πριν από την έναρξη της διαδικασίας κατασκευής του έργου.
- Η διαδικασία του χρονικού προγραμματισμού γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια και είναι πιο εύκολη σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους λόγω της αυτοματοποίησης της διαδικασίας ανάλυσης του έργου σε δραστηριότητες και της εικονικής αναπαράστασης του αποτελέσματος.
- Μειώνονται οι καθυστερήσεις για την παράδοση του έργου, με αποτέλεσμα να μειώνεται και το τελικό κόστος της κατασκευής.

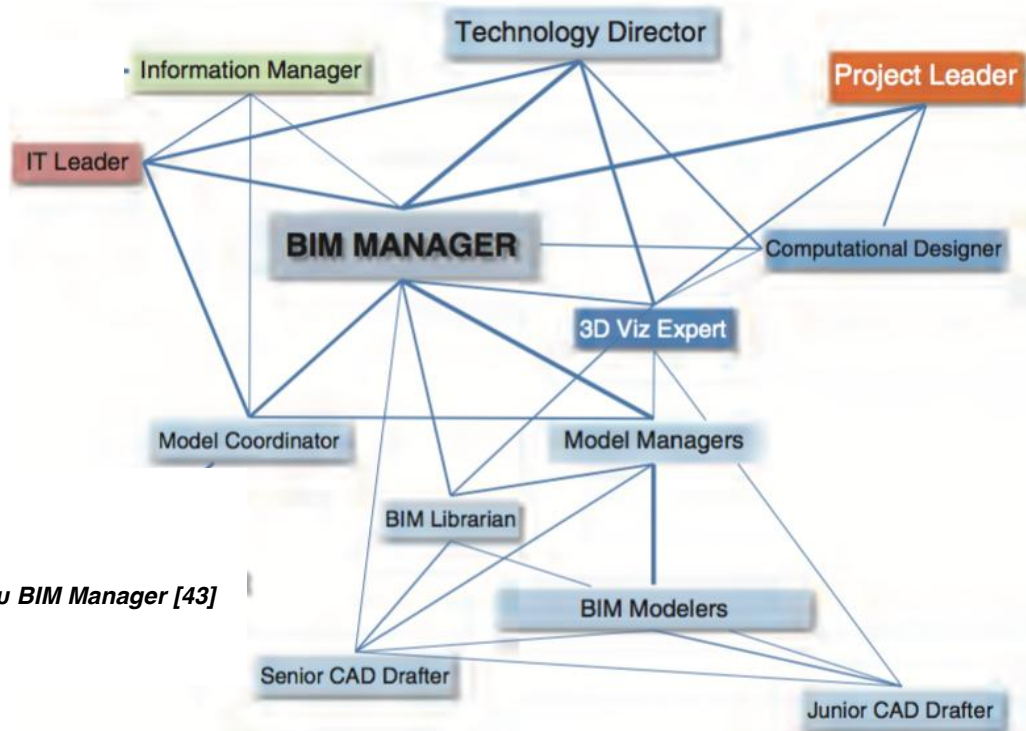
- Καλύτερη ποιότητα των σχετικών εγγράφων και αναφορών. Οι τεχνικές εκθέσεις, οι αναφορές και τα παραδοτέα μέσω της ψηφιοποίησης του έργου περιέχουν πιο ακριβείς πληροφορίες, είναι κείμενα και σχέδια περιεκτικά και κατανοητά από τις αναθέτουσες αρχές παρέχοντας μεγαλύτερη διαφάνεια σε όλη τη διαδικασία.
- Αποτελεσματική διαχείριση και τη συντήρηση της λειτουργίας του έργου μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του. Σχέδια και λειτουργικές πληροφορίες για όλα τα στοιχεία της κατασκευής είναι άμεσα διαθέσιμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μετά την παράδοση του έργου. Για παράδειγμα σε περίπτωση βλάβης κάποιου εξοπλισμού εντοπίζεται άμεσα ο προμηθευτής του για την αποκατάστασή της.

Υπάρχουν όμως και κάποιες απαιτήσεις σχετικά με τη χρήση της νέας αυτής τεχνολογίας, οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη από τους επαγγελματίες του κλάδου, ώστε να μπορέσουν να αποκομίσουν τα παραπάνω οφέλη και να αξιοποιήσουν όλες τις προσφερόμενες δυνατότητες.

Στις απαιτήσεις περιλαμβάνονται και οι ακόλουθες:

- Το κόστος λογισμικών και εξοπλισμού που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή του BIM είναι μεγαλύτερο από το κόστος των λογισμικών CAD, τα οποία χρησιμοποιούν σήμερα οι περισσότερες εταιρίες και οργανισμοί. Επομένως απαιτείται μία αρχική επένδυση σε νέα πακέτα λογισμικών και αναβάθμιση εξοπλισμού.
- Με τη σειρά της, η απόκτηση νέων λογισμικών απαιτεί πρόσθετη εκπαίδευση για την αποτελεσματική χρήση. Επομένως είναι απαραίτητη η άμεση εκπαίδευση του προσωπικού, ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως αυτή η επένδυση.
- Το πέρασμα από τα πρόχειρα σχέδια και τα σκαριφήματα στη μοντελοποίηση προϋποθέτει την τήρηση ενός ενιαίου συστήματος κωδικοποίησης όλων των στοιχείων και των σταδίων της κατασκευής. Επίσης το μοντέλο θα πρέπει να ικανοποιεί τις προδιαγραφές διαλειτουργικότητας, ώστε όλα τα μέλη της ομάδας εργασίας του έργου να ανταλλάσσουν αποτελεσματικά τις πληροφορίες της κατασκευής.
- Τέλος, δεδομένου ότι η διαδικασία χρήσης του BIM απαιτεί τη συνεργασία μηχανικών διάφορων κλάδων για τη σωστή συναρμογή των μοντέλων όλων των επιμέρους μελετών, είναι απαραίτητος ο ρόλος ενός γενικού συντονιστή ή BIM Manager.

Ο BIM Manager είναι υπεύθυνος για το συντονισμό της ομάδας, τη σωστή εφαρμογή της τεχνολογίας BIM και των διαδικασιών ψηφιοποίησης και συναρμογής των μοντέλων, την ανίχνευση και τη διαχείριση των ασυμβατοτήτων και τον έλεγχο όλων των αποτελεσμάτων και παραδοτέων από την τεχνική προσφορά μέχρι και την παράδοση του έργου (βλ εικ. 9.1).



Εικ.9.1: Ο ρόλος του BIM Manager [43]

9.2 Προτάσεις

Όπως διαπιστώθηκε από τη μελέτη και έρευνα που έγιναν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η διάδοση της τεχνολογίας BIM σε όλο τον κόσμο είναι ραγδαία και επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο τρόπο σχεδιασμού και διαχείρισης των τεχνικών έργων, έτσι ώστε να αξιοποιούνται πλήρως οι σύγχρονες τεχνολογίες του διαδικτύου, της πληροφορικής και των επικοινωνιών.

Κατά συνέπεια είναι αναγκαίο η γνώση και η εφαρμογή της τεχνολογίας BIM και ειδικότερα του 4D προγραμματισμού να προωθηθούν και να υιοθετηθούν το ταχύτερο και στον ελληνικό κατασκευαστικό τομέα. Προς την κατεύθυνση αυτή πιστεύουμε ότι συμβάλλουν και οι προτάσεις που διατυπώνονται στην συνέχεια.

- Εισαγωγή του BIM στην ανώτερη και ανώτατη εκπαίδευση. Τα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα πρέπει να συμβαδίζουν με τις συνεχείς αλλαγές και εξελίξεις στον τομέα των κατασκευών, γι' αυτό θα πρέπει γίνει εισαγωγή στον κύκλο σπουδών τους, μαθήματος με στόχο την γνωριμία και την εξοικείωση των φοιτητών με την τεχνολογία BIM και τις εφαρμογές της. Το μάθημα δεν πρέπει να περιορίζεται όμως μόνο στη θεωρητική βάση της νέας αυτής τεχνολογίας. Τα πανεπιστήμια θα πρέπει να επενδύσουν και στην απόκτηση αδειών λογισμικού και εξοπλισμού που να υποστηρίζουν το BIM, για την πρακτική εφαρμογή του μέσα από εργασίες και εκπονήσεις διπλωματικών εργασιών.

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό Τεχνικών Έργων (4D Modeling)

Κεφ.9^ο : Συμπεράσματα και Προτάσεις

- Διεξαγωγή επιμορφωτικών σεμιναρίων και εκδηλώσεων για την παρουσίαση και εκμάθηση του BIM από εταιρίες σχετικού λογισμικού, που να απευθύνονται τόσο σε επαγγελματίες όσο και σε σπουδαστές και στη συνέχεια παροχή δωρεάν εκπαιδευτικών αδειών των λογισμικών αυτών στα πανεπιστήμια.
- Επιβεβαίωση της επάρκειας στη χρήση της τεχνολογίας BIM με κατάλληλες πιστοποιήσεις, οι οποίες θα αποκτούνται μετά από εξετάσεις σε θεωρητικό και σε πρακτικό επίπεδο.
- Συμμετοχή της Ελλάδας σε μη κερδοσκοπικούς διεθνείς οργανισμούς, προσανατολισμένους στην προώθηση και την εφαρμογή του BIM. Ένας τέτοιος οργανισμός είναι ο BuildingSMART International ο οποίος συνεργάζεται και με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης ISO με σκοπό την τυποποίηση της ροής εργασίας και των διαδικασιών χρήσης του BIM. Δεδομένου ότι ήδη πολλές Ευρωπαϊκές χώρες αλλά και χώρες από τον υπόλοιπο κόσμο συμμετέχουν στο BuildingSMART International, θα μπορούσε και η Ελλάδα να γίνει μέλος και να συσταθεί ο BuildingSMART Greece.



Εικ. 9.2: Μερικές από τις χώρες-μέλη του BuildingSMART International.
Γιατί όχι και Ελλάδα ?



- Ανάπτυξη και εφαρμογή μιας εθνικής πολιτικής. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 5, χώρες όπως η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο εφαρμόζουν ήδη εθνικά προγράμματα για την εισαγωγή των τεχνικών έργων στην ψηφιακή εποχή και την υποχρεωτική εφαρμογή του BIM στον κατασκευαστικό τομέα («Plan Transition Numérique» στη Γαλλία, «UK Strategy Plan» στο Ηνωμένο Βασίλειο). Ένα παρόμοιο εθνικό πρόγραμμα είναι αναγκαίο να εφαρμοστεί και στην Ελλάδα με άμεσο αντικείμενο την κατάρτιση εθνικών προδιαγραφών, πρακτικών οδηγιών και πρωτοκόλλων για τη σωστή και αποτελεσματική εφαρμογή της τεχνολογία BIM στα τεχνικά έργα.
- Συμμετοχή της Ελλάδας στο EU BIM Task Group και συνεργασία με τις ήδη συμμετέχουσες χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μια κοινή προσέγγιση με στόχο την αναβάθμιση του κατασκευαστικού τομέα.
- Ενσωμάτωση απαιτήσεων εφαρμογής της τεχνολογίας BIM στις δημόσιες συμβάσεις μελετών και έργων, σύμφωνα και με τις σχετικές προβλέψεις των νέων οδηγιών της ΕΕ για τις δημόσιες συμβάσεις (βλ σχετική αναφορά στην επόμενη σελίδα).

**Οδηγία 2014/24/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της
26ης Φεβρουαρίου 2014,
σχετικά με τις δημόσιες προμήθειες και την κατάργηση της οδηγίας
2004/18/Ε (*)**

Άρθρο 22

Κανόνες που εφαρμόζονται στις επικοινωνίες

...

4. Όσον αφορά τις δημόσιες συμβάσεις έργων και τους διαγωνισμούς μελετών, τα κράτη μέλη μπορούν να απαιτούν τη χρήση συγκεκριμένων ηλεκτρονικών μέσων, όπως ηλεκτρονικών εργαλείων μοντελοποίησης κτηριοδομικών πληροφοριών ή παρόμοιων μέσων. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι αναθέτουσες αρχές παρέχουν εναλλακτικά μέσα πρόσβασης, σύμφωνα με την παράγραφο 5, έως ότου τα εργαλεία αυτά να διατεθούν γενικά κατά την έννοια της δεύτερης πρότασης του πρώτου εδαφίου της παραγράφου 1.

**Οδηγία 2014/25/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της
26ης Φεβρουαρίου 2014, σχετικά με τις προμήθειες φορέων που
δραστηριοποιούνται στους τομείς του ύδατος, της ενέργειας, των
μεταφορών και των ταχυδρομικών υπηρεσιών και την κατάργηση της
οδηγίας 2004/17/ΕΚ (*)**

Άρθρο 40

Κανόνες που εφαρμόζονται στις επικοινωνίες

...

4. Όταν πρόκειται για δημόσιες συμβάσεις δημοσίων έργων και διαγωνισμούς μελετών, τα κράτη μέλη μπορούν να απαιτούν τη χρήση συγκεκριμένων ηλεκτρονικών μέσων, όπως ηλεκτρονικών εργαλείων μοντελοποίησης κτιριακών πληροφοριών ή παρόμοιων μέσων. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι αναθέτοντες φορείς προσφέρουν εναλλακτικά μέσα πρόσβασης, σύμφωνα με την παράγραφο 5, έως ότου τα εν λόγω εργαλεία καταστούν γενικώς διαθέσιμα κατά την έννοια της δεύτερης πρότασης του πρώτου εδαφίου της παραγράφου 1.

(*) Μεταφέρθηκαν στο εθνικό δίκαιο με το Ν.4412/2016

Κεφάλαιο 10^ο Αναφορές – Πηγές – Έρευνα πεδίου

Σύνοψη:

Στο κεφάλαιο αυτό περιέχονται όλες οι αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επίσης, παρατίθενται οι πηγές που συγκεντρώθηκαν με σκοπό τη δημιουργία μιας βάσης πληροφόρησης και γνώσης, μελετήθηκαν αλλά δεν χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία. Τέλος, περιέχεται και η έρευνα πεδίου (δικτυακά σεμινάρια, έρευνα στο διαδίκτυο, συμμετοχή σε παρουσιάσεις προγραμμάτων).

10.1 Αναφορές

- [01] John Kunz, Martin Fischer, (January 2012). Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University. “Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions”, CIFE working paper No.097, version 14.
- [02] Wikipedia, (September 2016). “Virtual Design and Construction”, διαθέσιμο στο https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_design_and_construction
- [03] National BIM Standard - United States (2016). “What is a BIM?”, διαθέσιμο στο <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>.
- [04] RIB Americas Conference 2015, “The use of Building Information Modeling in Virtual Design and Construction - a three part series”, presented by Rex Tate διαθέσιμο στο <http://ribamericas.com/resources/>
- [05] The Weitz Company, “Virtual Design and Construction”, διαθέσιμο στο <http://www.weitz.com/services/virtual-design-and-construction/>
- [06] Laiserin, Jerry (2002, December 16). “Comparing Pommies and Naranjas”, The Laiserin Letter, Issue 15, διαθέσιμο στο <http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>.
- [07] InfoCom International (2009), “Brochure BIM”, Vol.1, p.225-231 διαθέσιμο στο http://www.infocomm.org/cps/rde/xbcr/infocomm/Brochure_BIM.pdf
- [08] Ricardo Khan, (June 2015), “BIM and VDC defined, The Mortenson Prospective”, διαθέσιμο στο <http://blog.synchroltd.com/bim-and-vdc-defined-the-mortenson-perspective>

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Κεφ. 10^ο : Αναφορές – Πηγές – Έρευνα πεδίου

- [09] O’ Donnel & Naccarato Structural Engineers, (January 2012), “Clash detection in BIM Modeling”, διαθέσιμο στο <http://www.articlesbase.com/small-business-articles/clash-detection-in-bim-modeling-5618114.html>
- [10] Eastman, C (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, John Wiley and Sons Inc.
- [11] Autodesk, (2014). “Autodesk Amps Up BIM with Expanded Cloud-based Collaboration Services”, διαθέσιμο στο http://inthecloud.autodesk.com/in_the_fold/2014/12/autodesk-amps-up-bim-with-expanded-cloud-based-collaboration-services.html
- [12] Thomas L. Rosenberg, (2011), “Building Information Modeling-BIM Benefits” διαθέσιμο στο <https://www.thebalance.com/building-information-modeling-bim-benefits-845045>
- [13] McGraw Hill, (2014). “The business value of BIM in Major Global Markets”, SmartMarket report.
- [14] Autodesk, 2012. “BIM’s Return On Investment”, Revit Building Information Modeling, διαθέσιμο στο <http://www.cadalyst.com/aec/calculating-bim039s-return-investment-2858>.
- [15] Azhar, S. (2011). American Society of Civil Engineers (ASCE), “Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry.”, Leadership Manage. Eng., 11(3), p.241-252.
- [16] Steel J., Drogemuller R., and Toth B. (2012), “Model Intoperability in Building Information Modeling, Software and Systems Modeling”, p.99-109
- [17] Nisbet N. & Liebich T. (2015), “ifcXML Implementation Guide”, International Alliance of Interoperability
- [18] E. William East, (June 2007). US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, “Construction Operations Building Information Exchange (COBIE) - Requirements Definition and Pilot Implementation Standard”.
- [19] East B., M. Carasquillo Mangual M., (2012), “The COBie Guide: A Commentary to the NBIMS-US COBie Standard”

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό TE (4D Modeling)

Κεφ. 10^ο : Αναφορές – Πηγές – Έρευνα πεδίου

- [20] The BIM Hub, (2015), “List of BIM Software and Providers” διαθέσιμο στο https://thebimhub.com/2015/08/17/list-of-bim-software-providers/#.V_Ui3jJh01h
- [21] Succar B., Saleeb N., Sher W., (2016), “Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language”
- [22] HM Government of the United Kingdom, Cabinet Office (May 2011). “Government Construction Strategy”, διαθέσιμο στο https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61152/Government-Construction-Strategy_0.pdf
- [23] National BIM Standard – United Kingdom, (November 2014). “BIM Levels explained”, διαθέσιμο στο <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>
- [24] McGraw Hill, (2014). “The business value of BIM for Owners”, SmartMarket report.
- [25] Land, E. H.. (June 2015), “Plan Transition Numérique dans le Bâtiment”, Operational Roadmap διαθέσιμο στο [http://www.batiment-numerique.fr/uploads/PDF/Feuille de route PTNB_EN_002 \(1\).pdf](http://www.batiment-numerique.fr/uploads/PDF/Feuille%20de%20route%20PTNB_EN_002%20(1).pdf)
- [26] EU BIM Task Group (2016), website: www.eubim.eu
- [27] Adam Matthews (April 2016), “Working towards a unified approach to BIM in Europe” διαθέσιμο στο <https://www.thenbs.com/knowledge/working-towards-a-unified-approach-to-bim-in-europe>
- [28] BuildingSMART, International home of openBIM, website: www.buildingsmart.org
- [29] Rooney K., (April 2015), “BIM Education Global-2015 Update Report” , vol.2, διαθέσιμο στο http://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/bim_education_-_global_-_2015_update_report_v2.0.pdf
- [30] Office for Learning and Teaching, Department of Industry, Innovation, Science, Research and Tertiary Education, (2010), “Collaborative Building Design Education using BIM-CodeBIM”, διαθέσιμο στο <http://www.olt.gov.au/project-collaborative-building-design-education-using-building-information-modelling-2010>

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό TE (4D Modeling)

Κεφ. 10^ο : Αναφορές – Πηγές – Έρευνα πεδίου

- [31] Autodesk, (2016), Building Information Modeling, Case studies, “South China University of Technology, Autodesk BIM Experience Award Winner”, διαθέσιμο στο <http://www.autodesk.fr/adsk/servlet/pc/item?siteID=123112&id=16884196>
- [32] Common BIM Requirements-COBIM, (2012), διαθέσιμο στο https://asiakas.kotisivukone.com/files/en.buildingsmart.kotisivukone.com/COBIM2012/cobim_1_general_requirements_v1.pdf
- [33] BuildingSMART Finland, “Common BIM Requirements-COBIM 2012” διαθέσιμο στο <http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>
- [34] BuildingSMART Norway, (2015), “buildingSMART Norway Training curriculum 01 – Basic”, διαθέσιμο στο http://www.buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/bsn_teachingplan_basic-01_v1_en.pdf
- [35] BuildingSMART Norway, (2014), “Education Requirements, User’s Certification and Information Validation”, διαθέσιμο στο http://iug.buildingsmart.org/resources/international-meetings-2014-toronto/certification/bsn_certification-validation
- [36] BuildingSMART Canada, (2014), “The Roadmap to Lifecycle Building Information Modelling in the Canadian AECOO (Architecture, Engineering, Construction, Owners and Operations) Community, διαθέσιμο στο https://www.buildingsmartcanada.ca/wp-content/uploads/2015/01/Roadmap-statement-of-Intent_v1.0.pdf
- [37] Synchro Software, The Academy Online, (2016), “Owner’s Guide to 4D Construction Planning and Scheduling”, διαθέσιμο στο <http://synchro.theacademyonline.com/pages/view/68>
- [38] Elgohari T., (2016), “Virtual Comparison between the Traditional and the 4D BIM approach in project management”, διαθέσιμο στο <https://www.linkedin.com/pulse/visual-comparison-between-traditional-4d-bim-approach-tamer-elgohari>
- [39] Elecosoft, (2016). Asta PowerProject website: astapowerproject.com
- [40] Elecosoft, (2016). “About Elecosoft”, διαθέσιμο στο <http://www.elecosoft.com/company/>

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Κεφ. 10^ο : Αναφορές – Πηγές – Έρευνα πεδίου

- [41] Elecosoft, (2016). “14 reasons to use Asta Powerproject for managing Construction Projects”, διαθέσιμο στο <http://www.astapowerproject.com/wp-content/uploads/2016/04/14-Reasons-to-use-Asta-Powerproject-International.pdf>
- [42] Synchro Software Ltd, (2016), website: <https://synchro.com>
- [43] Holzier D., (2016), “The BIM Manager’s Handbook: Guidance for Professionals in Architecture, Engineering and Construction”, διαθέσιμο στο <https://books.google.com/books?id=mqnQCwAAQBAJ&pgis=1>

10.2 Πηγές

- Π.1 National BIM Standard - United States (2016). “What is a BIM?”, διαθέσιμο στο <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>.
- Π.2 HM Government of the United Kingdom, (July 2012). “Industrial Strategy: government and industry in partnership”, Construction Strategy, διαθέσιμο στο https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf.
- Π.3 Autodesk, 2012. “BIM’s Return On Investment”, Revit Building Information Modeling, διαθέσιμο στο <http://www.cadalyst.com/aec/calculating-bim039s-return-investment-2858>
- Π.4 McGraw Hill, (2015). “Measuring the impact of BIM on Complex Buildings”, SmartMarket report.
- Π.5 McGraw Hill, (2010). “Building Information Modeling: Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity”, SmartMarket report.
- Π.6 McGraw Hill, (2012). “The Business value of BIM for Infrastructure”, SmartMarket report.
- Π.7 McGraw Hill, (2014). “Project Delivery Systems: How they Impact Efficiency and Profitability in the Buildings sector”, SmartMarket report.
- Π.8 Kreider R., Messner J., (2013), “The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses”, διαθέσιμο στο http://bim.psu.edu/Uses/the_uses_of_BIM.pdf
- Π.9 Sen S., (2012), “The impact of BIM/VDC on ROI: Developing a Financial Model for Savings and ROI Calculation of Construction Projects”, KTH Royal Institute of Technology, Master of Science Thesis, Department of Real Estate and Construction Management
- Π.10 Tulke J, Nour M., Beucke K. (2008), “A Dynamic Framework for Construction Scheduling based on BIM using IFC”

Εφαρμογή της τεχνολογίας BIM στον χρονικό προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Κεφ. 10^ο : Αναφορές – Πηγές – Έρευνα πεδίου

- Π.11 Hergunsel M., (2011), “Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and BIM based Scheduling”, Worcester Polytechnic Institute, Master of Science Thesis, Department of Civil Engineering, διαθέσιμο στο http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-042011-135239/unrestricted/MHergunsel_Thesis_BIM.pdf
- Π.12 National BIM Standard – United Kingdom, (2014). “BIM Object Standard”
- Π.13 Royal Institute of British Architects, RIBA, (2013), “RIBA Plan of Work”, Issue 2, volume 6
- Π.14 Ding L., (2014), “Automation in Construction”, διαθέσιμο στο <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.08.001>
- Π.15 NATSPEC, Construction Information, (2016), “NATSPEC National BIM Guide”, διαθέσιμο στο <https://www.natspec.com.au>
- Π.16 The Computer Integrated Construction Research group (CIC), The Pennsylvania State University, (2011), “BIM Project Execution Plan Guide”
- Π.17 Crossrail, (2012), “Technical Directorate, 4D Modelling Guidance”, διαθέσιμο στο <http://synchro.theacademyonline.com/pages/view/67>
- Π.18 The B1M, (2016), “BIM for beginners”, διαθέσιμο στο <http://www.theb1m.com/BIM-For-Beginners>
- Π.19 Stanford University, CIFE VDC Scorecard Research Website: www.vdcscorecard.stanford.edu
- Π.20 BIM Academic Forum (BAF), (March 2015), “Current Position and Associated Challenges of BIM Education in UK Higher Education”, διαθέσιμο στο http://buildingsmart.pl/baf_bim_education_report_2015.pdf
- Π.21 Chartered Institute of Building (CIOB), BIM plus, (2016), website: www.bimplus.co.uk
- Π.22 Γωνιανακης, Π.Β., (2014). “Παρουσίαση της μεθόδου ΠΟΚ (BIM) και πρακτική εφαρμογή της για τον προγραμματισμό έργου, με χρήση του προγράμματος Synchro”, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- Π.23 Κεφεκέ Μ., (2014). “Εφαρμογές BIM στη Διαχείριση Τεχνικών Έργων με χρήση των λογισμικών REVIT και NAVISWORKS”, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Π.24 Μαντόγιαννης Β., (2016). “Χρονικός Προγραμματισμός και Κοστολόγηση Τεχνικών Έργων με τη χρήση της τεχνολογίας του Building Information Modeling (BIM)”, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

10.3 Έρευνα πεδίου

- E.1 RIB Americas Conference 2015, “The use of Building Information Modeling in Virtual Design and Construction - a three part series”, presented by Rex Tate διαθέσιμο στο <http://ribamericas.com/resources/>
- E.2 Trimble Vico Office, “Target Costing with Trimble Vico Office”, παρακολουθήθηκε στις 26/4/2016, διαθέσιμο υλικό στο <http://tb.trimble.com/b0000uFLwHX0N10Z020jg6q>
- E.3 Tekla Webinars, “Quick and easy Concrete Modelling for Pour Performance Improvement”, παρακολουθήθηκε στις 4/5/2016, διαθέσιμο υλικό στο <https://www.tekla.com/about/webinars/quick-and-easy-concrete-modelling-pour-performance-improvement>
- E.4 Elecosoft software, “Site-to-office reporting via Site Progress Mobile”, παρακολουθήθηκε στις 6/11/2016, διαθέσιμο υλικό στο <https://attendeegotowebinar.com/recording/2457195559972601859>
- E.5 DYNAMESH, “Automated 5D Solution for the Architectural, Engineering and Construction Industry (AEC)”, παρακολουθήθηκε στις 19/11/2016

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Α: Βασική Ορολογία BIM (Glossary of BIM Terms) (πηγή: www.bimtalk.co.uk)

Στο παράρτημα αυτό αναφέρονται οι βασικοί όροι της τεχνολογίας BIM (ακρώνυμα και όροι) που σχετίζονται με τις λειτουργίες του και τις διαδικασίες εφαρμογής του στα τεχνικά έργα, όπως έχουν καθιερωθεί διεθνώς. Η απόδοσή τους στα ελληνικά είναι αντικείμενο με οποίο θα πρέπει να ασχοληθεί ο Εθνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

- **A & D** – Analysis and Design
- **AEC** – Architecture, Engineering and Construction
- **aecXML** – term for a specific standard format used for BIM electronic data exchange
- **AIM – Asset Information Model** – A model that compiles the data and information necessary to support asset management
- **BCF – BIM Collaboration Format** – An open file format based on XML that allows the addition of comments to an Industry Foundation Classes BIM model
- **BEP – BIM Execution Plan** – A developing strategy prepared by suppliers that comprises a pre- contract BIM execution and then a post-contract BIM execution plan
- **BIM – Building Information Management** – Used variously in place of Building Information Modelling but also to highlight the requirement to explicitly manage the information
- **BIM ADDENDUM** – current model of contractual language
- **BIM Master or Model Manager** – whoever contractually has control of the 3-D model, the gatekeeper and possibly manager of the server
- **BIM maturity level** – The levels of complexity and collaboration that building information modelling can take
- **BPM** – Building Product Manufacturer
- **BuildingSmart** – trademarked NIBS effort to standardize and coordinate the business sector's effort in IFC
- **CAD** – Computer Aided Drawing – Drafting Software tools that frequently feed/are fed by the BIM model
- **CD** – Construction Drawings or documents
- **Clashes** – instances noted by a 3D drawing where two elements occur in the same space and conflict, i.e. ductwork that collides with joist members
- **Clash Detection** – property built into some but not all 3D software

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Α – Βασική ορολογία BIM (Glossary of BIM Terms)

- **Clash Meetings** – meetings (possibly weekly) by A/E, G.C., subs and others to resolve clashes
- **Collocate** – putting employees from different disciplines on the same site to expedite the BIM coordination and clash resolution process. i.e., joist draftsman going to the steel detailer's site
- **4D** – Schedule simulation
- **5D** – Cost accounting simulation
- **6D** – Sustainability
- **7D** – Facilities Management
- **DD** – Design Drawings or documents
- **DB** – Design-Build
- **DBB** – Design-Bid-Build
- **DWF** – Drawing Web Format
- **DWG** – AutoCAD drawing format
- **DXF** – Drawing Exchange Formats
- **ERP** – Enterprise Resource Planning – a computer system
- **ETO** – Engineered to Order
- **FCI** – Facility Condition Index – metric related to BIM for older pre-existing facilities
- **gbXML** – new subset of BIM efforts that focuses on green building design and operation and organizes information for energy simulation purposes
- **IAI** – International Alliance for Interoperability
- **IFC** – Industry Foundation Classes – broad term for standard formats used for most BIM electronic data exchange, developed by the IAI
- **IDM** – Information Delivery Manual – European effort in IFC, see NBIMS
- **IPD** – Integrated Project Delivery
- **Lean principles** – controlling project to minimize cost i.e. steel products delivered to site in accurate liftable bundles, ready for trailer straight to erection
- **LOD** – Level of Detail – extent to which components are modeled
- **Lonely BIM** – modeling for one's own use as opposed to Social BIM – modeling done by one or a group for general group use
- **MEP** – Mechanical, Electrical, and Plumbing – generally encompassing construction elements of various trades to be considered in a BIM approach

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Α – Βασική ορολογία BIM (Glossary of BIM Terms)

- **MPS** – Model Progression Specification
- **NIBS** – National Institute of Building Sciences – Federal agency
- **NBIMS** – National BIM Standard – US effort in IFC
- **Parametric** – describes objects or components characteristics and relationships
- **PMC** – Project Management Contract
- **SD** – Schematic Drawings or documents
- **SDNF** – electronic exchange format, one of many
- **VBE** – Virtual Building Environment – an alternative or synonym to BIM
- **VDC** – Virtual Design and Construction – an alternative or synonym to BIM
- **WBDG** – Whole Building Design Guide – a NIBS supported web based portal to information on building related guidance
- **XML– Xtensible Markup Language** – a protocol for tagging text, creating a structure and semantics that both humans and computers can understand

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

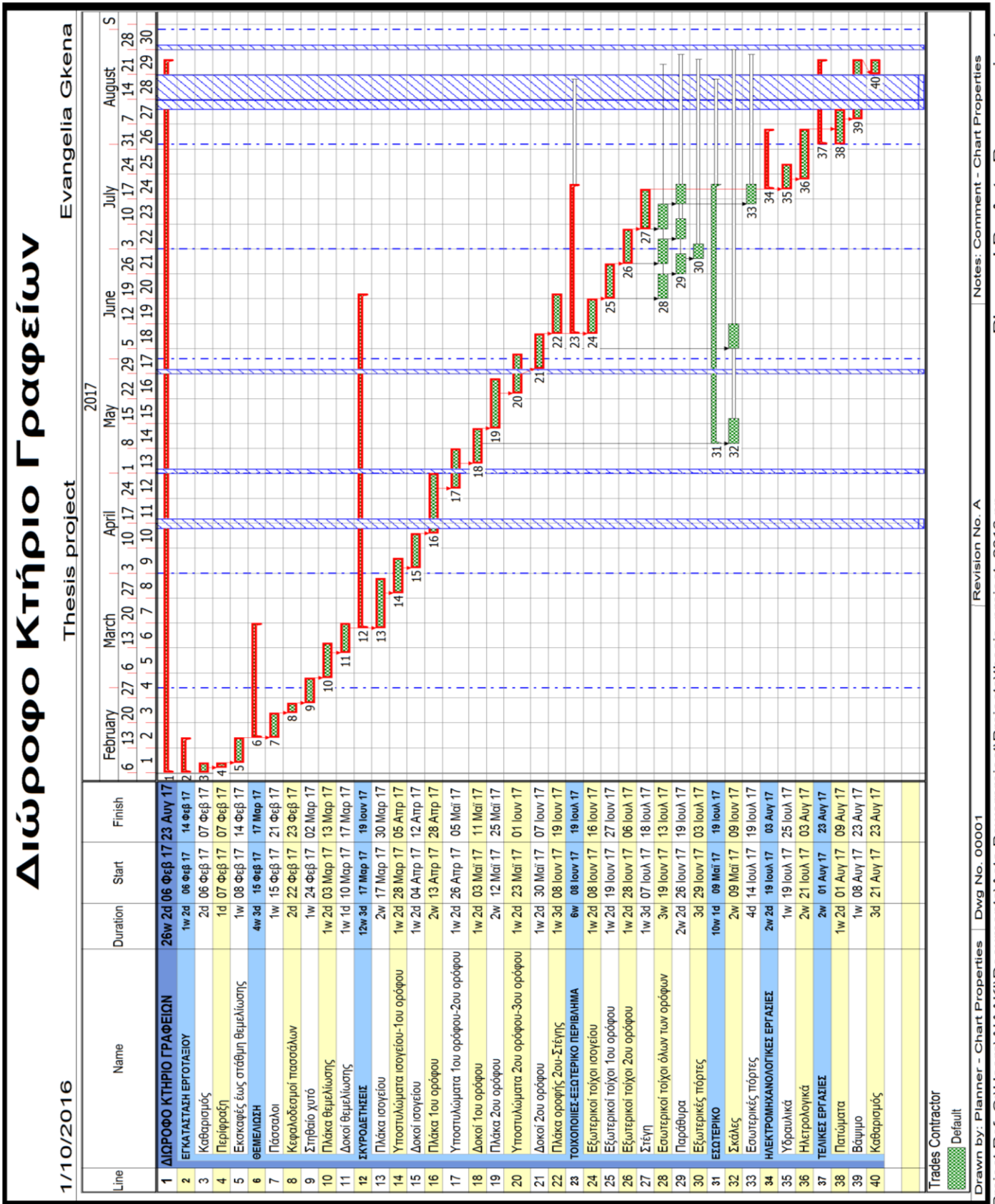
Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού

**Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής
(Μελέτη 4D χρονικού προγραμματισμού σε οικοδομικό έργο)**

(τα πλήρη στοιχεία και αποτελέσματα της πρακτικής εφαρμογής καθώς και το βίντεο της εικονικής αναπαράστασης του 4D προγραμματισμού περιλαμβάνονται στο CD της διπλωματικής, που επισυνάπτεται στο Παράρτημα Γ)

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

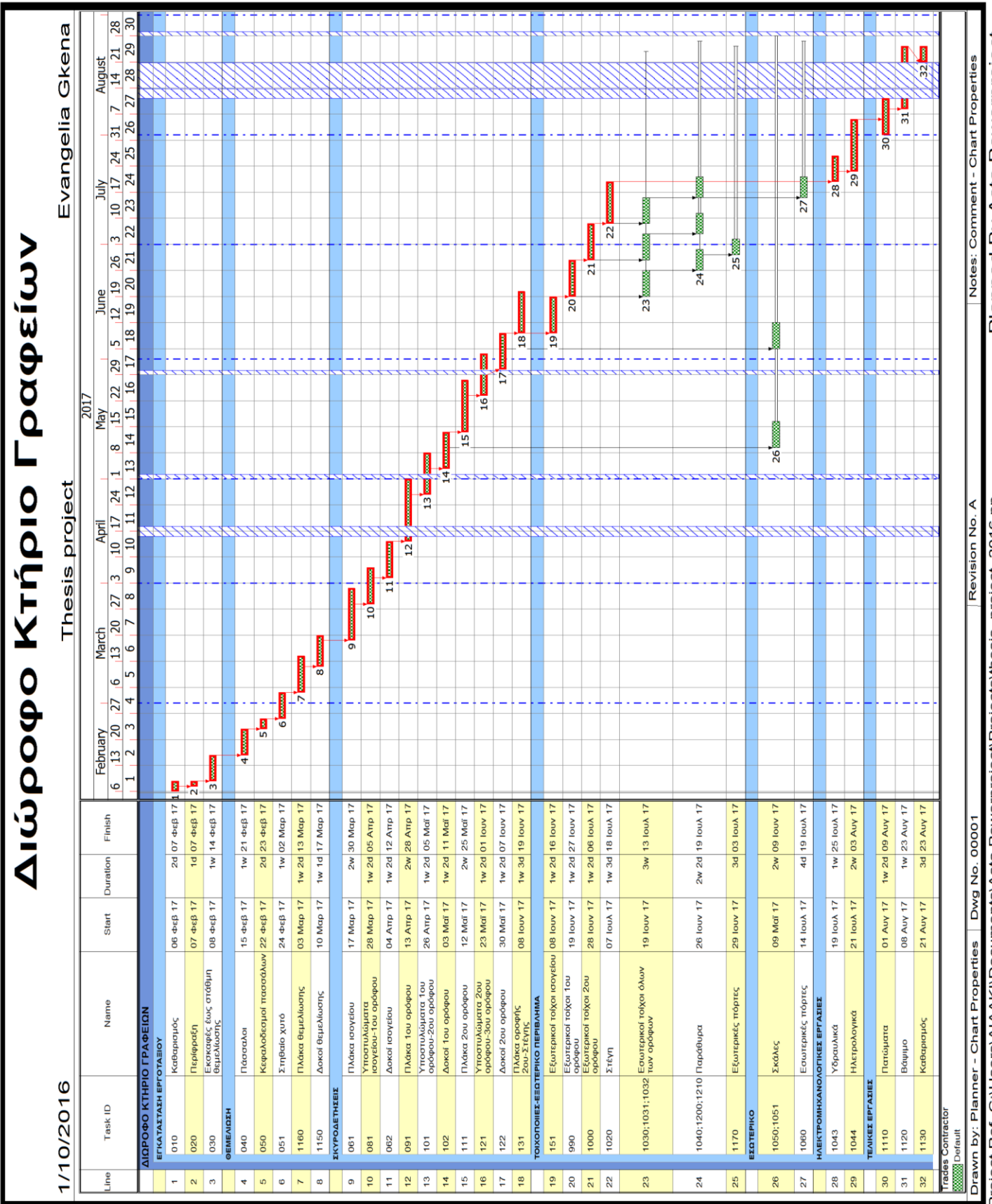
Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού



Εικ. Β-1: Το Χρονοδιάγραμμα του έργου (απόσπασμα)

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού



Εικ. Β.2: Το WBS του έργου

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού

Διώροφο Κτήριο Γραφείων

1/10/2016

Thesis project

Evangelia Gkena

Name	Start	Duration	End	Predecessors
Programme	6/2/2017	28ew 2,38ed	23/8/2017	
ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ	6/2/2017	132d	23/8/2017	
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ	6/2/2017	7d	14/2/2017	
Καθαρισμός	6/2/2017	2d	7/2/2017	
Περίφραξη	7/2/2017	1d	7/2/2017	Καθαρισμός
Εκσκαφές έως στάθμη θεμελίωσης	8/2/2017	5d	14/2/2017	Περίφραξη
ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	15/2/2017	23d	17/3/2017	
Πάσσαλοι	15/2/2017	5d	21/2/2017	Εκσκαφές έως στάθμη θεμελίωσης
Κεφαλοδεσμοί πασσάλων	22/2/2017	2d	23/2/2017	Πάσσαλοι
Στηθαίο χυτό	24/2/2017	1w	2/3/2017	Κεφαλοδεσμοί πασσάλων
Πλάκα θεμελίωσης	3/3/2017	7d	13/3/2017	Στηθαίο χυτό
Δοκοί θεμελίωσης	10/3/2017	6d	17/3/2017	Πλάκα θεμελίωσης
ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΕΙΣ	17/3/2017	63d	19/6/2017	
Πλάκα ισογείου	17/3/2017	10d	30/3/2017	Δοκοί θεμελίωσης
Υποστυλώματα ισογείου-1ου ορόφου	28/3/2017	7d	5/4/2017	Πλάκα ισογείου
Δοκοί ισογείου	4/4/2017	7d	12/4/2017	Υποστυλώματα ισογείου-1ου ορόφου
Πλάκα 1ου ορόφου	13/4/2017	10d	28/4/2017	Δοκοί ισογείου
Υποστυλώματα 1ου ορόφου-2ου ορόφου	26/4/2017	7d	5/5/2017	Πλάκα 1ου ορόφου
Δοκοί 1ου ορόφου	3/5/2017	7d	11/5/2017	Υποστυλώματα 1ου ορόφου-2ου ορόφου
Πλάκα 2ου ορόφου	12/5/2017	10d	25/5/2017	Δοκοί 1ου ορόφου
Υποστυλώματα 2ου ορόφου-3ου ορόφου	23/5/2017	7d	1/6/2017	Πλάκα 2ου ορόφου
Δοκοί 2ου ορόφου	30/5/2017	7d	7/6/2017	Υποστυλώματα 2ου ορόφου-3ου ορόφου
Πλάκα οροφής 2ου-Στέγης	8/6/2017	8d	19/6/2017	Δοκοί 2ου ορόφου
ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ-ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ	8/6/2017	30d	19/7/2017	
Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου	8/6/2017	7d	16/6/2017	Πλάκα οροφής 2ου-Στέγης
Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου	19/6/2017	7d	27/6/2017	Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου
Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου	28/6/2017	7d	6/7/2017	Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου
Στέγη	7/7/2017	8d	18/7/2017	Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου
ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	19/7/2017	12d	3/8/2017	
Υδραυλικά	19/7/2017	5d	25/7/2017	Στέγη
Ηλεκτρολογικά	21/7/2017	10d	3/8/2017	Υδραυλικά
ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	1/8/2017	10d	23/8/2017	
Πατώματα	1/8/2017	7d	9/8/2017	Ηλεκτρολογικά
Βάψιμο	8/8/2017	5d	23/8/2017	Πατώματα
Καθαρισμός	21/8/2017	3d	23/8/2017	Βάψιμο

Drawn by:

Dwg No.

Revision No.

Notes:

Project Ref. C:\Users\I\IAKI\Documents\Asta Powerproject\Projects\thesis_project_2016.pp

Planned By Asta Powerproject

Εικ. Β.2: Κατάλογος κρίσιμων δραστηριοτήτων

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού

1/10/2016				Thesis project	Evangelia Gkena
Task ID	Name	Start	Duration		
	Programme	6/2/2017	28ew 2,38ed		
011	ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ	6/2/2017	132d		
1010	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ	6/2/2017	7d		
010	Καθαρισμός	6/2/2017	2d		
020	Περίφραξη	7/2/2017	1d		
030	Εκσκαφές έως στάθμη θεμελίωσης	8/2/2017	5d		
031	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	15/2/2017	23d		
040	Πάσσαλοι	15/2/2017	5d		
050	Κεφαλοδεσμοί πασσάλων	22/2/2017	2d		
051	Στηθαίο χυτό	24/2/2017	1w		
1160	Πλάκα θεμελίωσης	3/3/2017	7d		
1150	Δοκοί θεμελίωσης	10/3/2017	6d		
052	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΕΙΣ	17/3/2017	63d		
061	Πλάκα ισογείου	17/3/2017	10d		
081	Υποστυλώματα ισογείου-1ου ορόφου	28/3/2017	7d		
062	Δοκοί ισογείου	4/4/2017	7d		
091	Πλάκα 1ου ορόφου	13/4/2017	10d		
101	Υποστυλώματα 1ου ορόφου-2ου ορόφου	26/4/2017	7d		
102	Δοκοί 1ου ορόφου	3/5/2017	7d		
111	Πλάκα 2ου ορόφου	12/5/2017	10d		
121	Υποστυλώματα 2ου ορόφου-3ου ορόφου	23/5/2017	7d		
122	Δοκοί 2ου ορόφου	30/5/2017	7d		
131	Πλάκα οροφής 2ου-Στέγης	8/6/2017	8d		
141	ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ-ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ	8/6/2017	30d		
151	Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου	8/6/2017	7d		
990	Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου	19/6/2017	7d		
1000	Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου	28/6/2017	7d		
1020	Στέγη	7/7/2017	8d		
1030	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων	19/6/2017	5d		
1031	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων	28/6/2017	5d		
1032	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων	7/7/2017	5d		
1040	Παράθυρα	26/6/2017	4d		
1200	Παράθυρα	5/7/2017	4d		
1210	Παράθυρα	14/7/2017	4d		
1170	Εξωτερικές πόρτες	29/6/2017	3d		
1041	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ	9/5/2017	51d		
1050	Σκάλες	9/5/2017	5d		
1051	Σκάλες	5/6/2017	5d		
1060	Εσωτερικές πόρτες	14/7/2017	4d		
1042	ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	19/7/2017	12d		
1043	Υδραυλικά	19/7/2017	5d		
1044	Ηλεκτρολογικά	21/7/2017	10d		
1100	ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	1/8/2017	10d		
1110	Πατώματα	1/8/2017	7d		
1120	Βάψιμο	8/8/2017	5d		
1130	Καθαρισμός	21/8/2017	3d		
Drawn by:		Dwg No.	Revision No.	Notes:	

Project Ref. C:\Users\l\l\AKI\Documents\Asta Powerproject\Projects\thesis_project_2016.pp

Planned By Asta Powerproject

Εικ. Β.3: Δραστηριότητες & Διάρκειες

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού

1/10/2016		Thesis project		Evangelia Gkena
Task ID	Name	Predecessors	Successors	
011	ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ			
1010	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ			
010	Καθαρισμός		Περιφραγή SS 1d	
020	Περιφραγή	Καθαρισμός SS 1d	Εκσκαφές έως στάθμη θεμελίωσης FS 0d	
030	Εκσκαφές έως στάθμη θεμελίωσης	Περιφραγή FS 0d	Πάσσαλοι FS 0d	
031	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ			
040	Πάσσαλοι	Εκσκαφές έως στάθμη θεμελίωσης FS 0d	Κεφαλοδεσμοί πασσάλων FS 0d	
050	Κεφαλοδεσμοί πασσάλων	Πάσσαλοι FS 0d	Στηθαίο χυτό FS 0d	
051	Στηθαίο χυτό	Κεφαλοδεσμοί πασσάλων FS 0d	Πλάκα θεμελίωσης FS 0d	
1160	Πλάκα θεμελίωσης	Στηθαίο χυτό FS 0d	Δοκοί θεμελίωσης SS 5d	
1150	Δοκοί θεμελίωσης	Πλάκα θεμελίωσης SS 5d	Πλάκα ισογείου SS 5d	
052	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΕΙΣ			
061	Πλάκα ισογείου	Δοκοί θεμελίωσης SS 5d	Υποστυλώματα ισογείου-1ου ορόφου SS 7d	
081	Υποστυλώματα ισογείου-1ου ορόφου	Πλάκα ισογείου SS 7d	Δοκοί ισογείου SS 5d	
062	Δοκοί ισογείου	Υποστυλώματα ισογείου-1ου ορόφου SS 5d	Πλάκα 1ου ορόφου FS 0d	
091	Πλάκα 1ου ορόφου	Δοκοί ισογείου FS 0d	Υποστυλώματα 1ου ορόφου-2ου ορόφου SS 7d	
101	Υποστυλώματα 1ου ορόφου-2ου ορόφου	Πλάκα 1ου ορόφου SS 7d	Δοκοί 1ου ορόφου SS 4d	
102	Δοκοί 1ου ορόφου	Υποστυλώματα 1ου ορόφου-2ου ορόφου SS 4d	Πλάκα 2ου ορόφου FS 0d; Σκάλες SS 4d	
111	Πλάκα 2ου ορόφου	Δοκοί 1ου ορόφου FS 0d	Υποστυλώματα 2ου ορόφου-3ου ορόφου SS 7d	
121	Υποστυλώματα 2ου ορόφου-3ου ορόφου	Πλάκα 2ου ορόφου SS 7d	Δοκοί 2ου ορόφου SS 4d	
122	Δοκοί 2ου ορόφου	Υποστυλώματα 2ου ορόφου-3ου ορόφου SS 4d	Πλάκα οροφής 2ου-Στέγης FS 0d; Σκάλες SS 4d	
131	Πλάκα οροφής 2ου-Στέγης	Δοκοί 2ου ορόφου FS 0d	Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου SS 0d	
141	ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ-ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ			
151	Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου	Πλάκα οροφής 2ου-Στέγης SS 0d	Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου FS 0d; Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων FS 0d	
990	Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου	Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου FS 0d	Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου FS 0d; Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων FS 0d	
1000	Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου	Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου FS 0d	Στέγη FS 0d; Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων FS 0d	
1020	Στέγη	Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου FS 0d	Υδραυλικά FS 0d	
1030	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων	Εξωτερικοί τοίχοι ισογείου FS 0d	Παράθυρα FS 0d	
1031	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων	Εξωτερικοί τοίχοι 1ου ορόφου FS 0d	Παράθυρα FS 0d	
1032	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων	Εξωτερικοί τοίχοι 2ου ορόφου FS 0d	Παράθυρα FS 0d; Εσωτερικές πόρτες FS 0d	
1040	Παράθυρα	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων FS 0d	Εξωτερικές πόρτες SS 3d	
1200	Παράθυρα	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων FS 0d		
1210	Παράθυρα	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων FS 0d		
1170	Εξωτερικές πόρτες	Παράθυρα SS 3d		
1041	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ			
1050	Σκάλες	Δοκοί 1ου ορόφου SS 4d		
1051	Σκάλες	Δοκοί 2ου ορόφου SS 4d		
1060	Εσωτερικές πόρτες	Εσωτερικοί τοίχοι όλων των ορόφων FS 0d		
1042	ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ			
1043	Υδραυλικά	Στέγη FS 0d	Ηλεκτρολογικά SS 2d	
1044	Ηλεκτρολογικά	Υδραυλικά SS 2d	Πατώματα FF 4d	
1100	ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ			
1110	Πατώματα	Ηλεκτρολογικά FF 4d	Βάψιμο SS 5d	
1120	Βάψιμο	Πατώματα SS 5d	Καθαρισμός FS 0d	
1130	Καθαρισμός	Βάψιμο FS 0d		
Drawn by:		Dwg No.	Revision No.	Notes:

Project Ref. C:\Users\VI\AKI\Documents\Asta Powerproject\Projects\thesis_project_2016.pp

Planned By Asta Powerproject

Εικ. Β.4: Δραστηριότητες & Αλληλουχίες

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού

TaskID	Name	Start	Duration	Finish	Notes
	Programme	06/02/2017	27ew3,38ed	17/08/2017	
11	ΔΙΩΡΟΦΟΚΤΗΡΙΟ ΠΡΑΦΕΙΩΝ	06/02/2017	135d	17/08/2017	
1010	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ	06/02/2017	7d	14/02/2017	
10	Καθαρισμός	06/02/2017	2d	07/02/2017	
20	Περίφραξη	07/02/2017	1d	07/02/2017	
30	Εκσκαφές βεστιάθμηθμελίωσης	08/02/2017	5d	14/02/2017	
31	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	15/02/2017	23d	17/03/2017	
40	Πάσσαλοι	15/02/2017	5d	21/02/2017	
50	Κεφαλοδεσμοί πασσάλων	22/02/2017	2d	23/02/2017	
51	Slab edge	24/02/2017	1w	02/03/2017	
1160	Πλάκαθμελίωσης	03/03/2017	7d	13/03/2017	
1150	Δοκοίθμελίωσης	10/03/2017	6d	17/03/2017	
52	ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΕΙΣ	17/03/2017	63d	19/06/2017	
61	Πλάκαθσογείου	17/03/2017	10d	30/03/2017	
81	Υποστυλώματαθσογείου-1ουθρόφου	28/03/2017	7d	05/04/2017	
62	Δοκοίθσογείου	04/04/2017	7d	12/04/2017	
91	Πλάκαθουθρόφου	13/04/2017	10d	28/04/2017	
101	Υποστυλώματαθουθρόφου-2ουθρόφου	26/04/2017	7d	05/05/2017	
102	Δοκοίθουθρόφου	03/05/2017	7d	11/05/2017	
111	Πλάκαθουθρόφου	12/05/2017	10d	25/05/2017	
121	Υποστυλώματαθουθρόφου-3ουθρόφου	23/05/2017	7d	01/06/2017	
122	Δοκοίθουθρόφου	30/05/2017	7d	07/06/2017	
131	Πλάκαθροφήθου-Στέγης	08/06/2017	8d	19/06/2017	
141	ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ-ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ	08/06/2017	30d	19/07/2017	
151	Εξωτερικοίθόχοιθσογείου	08/06/2017	7d	16/06/2017	
990	Εξωτερικοίθόχοιθουθρόφου	19/06/2017	7d	27/06/2017	
1000	Εξωτερικοίθόχοιθουθρόφου	28/06/2017	7d	06/07/2017	
1020	Στέγη	07/07/2017	8d	18/07/2017	
1030	Εσωτερικοίθόχοιθλωνθωνθρόφων	19/06/2017	5d	23/06/2017	
1031	Εσωτερικοίθόχοιθλωνθωνθρόφων	28/06/2017	5d	04/07/2017	
1032	Εσωτερικοίθόχοιθλωνθωνθρόφων	07/07/2017	5d	13/07/2017	
1040	Παράθυρα	26/06/2017	4d	29/06/2017	
1200	Παράθυρα	05/07/2017	4d	10/07/2017	
1210	Παράθυρα	14/07/2017	4d	19/07/2017	
1170	Εξωτερικέςθπόρτες	29/06/2017	3d	03/07/2017	
1041	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ	09/05/2017	51d	19/07/2017	
1050	Σκάλες	09/05/2017	5d	15/05/2017	
1051	Σκάλες	05/06/2017	5d	09/06/2017	
1060	Εσωτερικέςθπόρτες	14/07/2017	4d	19/07/2017	
1042	ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	19/07/2017	12d	03/08/2017	
1043	Υδραυλικά	19/07/2017	5d	25/07/2017	
1044	Ηλεκτρολογικά	21/07/2017	10d	03/08/2017	
1100	ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	01/08/2017	13d	17/08/2017	
1110	Πατώματα	01/08/2017	7d	09/08/2017	
1120	Βάψιμο	08/08/2017	5d	14/08/2017	
1130	Καθαρισμός	15/08/2017	3d	17/08/2017	

Εικ. Β.5: Εξαγωγή στοιχείων δραστηριοτήτων σε αρχείο Excel

Εφαρμογή Τεχνολογίας BIM στον Χρονικό Προγραμματισμό ΤΕ (4D Modeling)

Παράρτημα Β: Ενδεικτικά αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής 4D χρονικού προγραμματισμού

Παράρτημα Γ:

Αρχεία διπλωματικής σε CD